

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE EDUCAÇÃO FÍSICA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO-SENSU* EM  
EDUCAÇÃO FÍSICA

EFEITOS CRÔNICAS DO TREINAMENTO DE FORÇA  
COM PRÉ-ATIVAÇÃO ANTAGONISTA DA MUSCULATURA  
DO JOELHO: RESPOSTAS NO DESEMPENHO  
NEUROMUSCULAR E FUNCIONAL DE INDIVÍDUOS  
JOVENS

Euler Alves Cardoso

BRASÍLIA

28/05/2014

# EFEITOS CRÔNICAS DO TREINAMENTO DE FORÇA COM PRÉ-ATIVAÇÃO ANTAGONISTA DA MUSCULATURA DO JOELHO: RESPOSTAS NO DESEMPENHO NEUROMUSCULAR E FUNCIONAL DE INDIVÍDUOS JOVENS

Euler Alves Cardoso

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação Física, como requisito para a obtenção do grau de Mestre em Educação Física.

**ORIENTADOR:** PROF. DR. RODRIGO LUIZ CARREGARO

EULER ALVES CARDOSO

EFEITOS CRÔNICAS DO TREINAMENTO DE FORÇA  
COM PRÉ-ATIVAÇÃO ANTAGONISTA DA MUSCULATURA  
DO JOELHO: RESPOSTAS NO DESEMPENHO  
NEUROMUSCULAR E FUNCIONAL DE INDIVÍDUOS  
JOVENS

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Educação Física pelo Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Educação Física da Universidade de Brasília.

Banca examinadora:

---

Prof. Dr. Rodrigo Luiz Carregaro  
(Presidente – Universidade de Brasília – UnB)

---

Prof. Dr. Silvio Assis de Oliveira Júnior  
(Examinador Externo – Universidade Federal do Mato Grosso do Sul - UFMS)

---

Prof. Dr. Martim Francisco Bottaro Marques  
(Examinado Interno – Universidade de Brasília – UnB)

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade de  
Brasília. Acervo 1016028.

C268a Cardoso, Euler Alves.  
Adaptações crônicas do treinamento de força com  
pré-ativação antagonista dos músculos flexores e extensores  
da coxa : respostas no desempenho neuromuscular e funcional  
de indivíduos jovens / Euler Alves Cardoso. -- 2014.  
v, 72 f. : il. ; 30 cm.

Dissertação (mestrado) - Universidade de Brasília,  
Faculdade de Educação Física, Programa de Pós-Graduação  
Stricto-Sensu em Educação Física, 2014.

Inclui bibliografia.

Orientação: Rodrigo Luiz Carregaro.

1. Aptidão física. 2. Músculos - Treinamento técnico.  
3. Exercício isocinético. I. Carregaro, Rodrigo Luiz.  
II. Título.

CDU 611.73:796

## DEDICATÓRIA

Este trabalho é dedicado à minha família. À minha mãe Cirlene do Socorro Alves Cardoso que mesmo sem querer, sem perceber, me fez escolher essa profissão, sempre nos jogos voleibol, futebol ou corridas de Fórmula 1 estávamos lá, eu e ela, de manhã, a tarde, a noite ou de madrugada, alguns cochilos, e logo com os gritos aflitos de um lance do jogo, um acordava o outro, e voltávamos a criticar, analisar, concordar ou discordar com as atitudes dos jogadores e com a tática dos técnicos. Foi assim, seus incentivos me fizeram começar a praticar diversos esportes, então percebi a importância de ser professor, um mentor. Desde de então, nunca me vi fazendo outra coisa a não ser ensinar, a tentar transmitir conhecimentos, mesmo que esses sejam mais simples possíveis. Ao meu pai Eudes Dias Cardoso, que sacrificou tudo para que nunca me faltasse nada para que eu pudesse continuar a sonhar em estudar. À minha querida avó, Maria José Alves Dias que me ensinou a ser homem, me ensinou a andar de cabeça erguida, que me fez ter orgulho das minhas origens, que demonstrou que tudo é possível independente da cor da pele ou da condição financeira/social. À minha namorada, Marcela Oliveira Cardoso que me ensinou quando eu não sabia, à quem tanto chorei nos momentos mais aflitos, à quem sempre gritei quando ninguém mais ouvia, quem me manteve em cima, quando estava lá em baixo, quem me socorreu, quando não tinha mais socorro, a que me acompanhou quando não tinha mais companhia.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por todas as dádivas que tem proporcionado em minha vida, dentre elas, a conclusão deste projeto.

Aos meus pais, Eudes Dias Cardoso e Cirlene do Socorro Alves Cardoso, por me auxiliar durante toda essa trajetória; apesar de todas as dificuldades, sempre proporcionaram o melhor para o meu futuro. À Cecília e Cinthia Maria, além de irmãs, são grandes amigas e exemplos de vida.

Ao meu orientador, Professor Rodrigo Luiz Carregaro, cujo ensinamento vai além do necessário para a obtenção deste título de mestre. Obrigado pela oportunidade, paciência, confiança, dedicação, comprometimento e preocupação com a formação das pessoas, sobretudo muito obrigado pelo exemplo como pessoa e profissional.

À Marcela Oliveira, obrigado por ser meu porto seguro nos momentos difíceis.

Ao grupo de pesquisa “Avaliação e intervenção de fisioterapia” que me receberam de braços abertos e hoje fazem parte da minha família.

Aos meus colegas de pesquisa, Clarice, Pamela, Thuany, Jéssica, Igor Eduardo e Adailson, obrigado pelo suporte durante as coletas e apoio durante a confecção desse projeto.

Aos voluntários da pesquisa, pelo compromisso e seriedade durante todo o decorrer das intervenções e testes.

A todos os familiares e amigos que me acompanharam durante toda essa caminhada.

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO I</b>	<b>13</b>
1. INTRODUÇÃO	13
2. OBJETIVOS	15
2.1 Objetivo geral	15
2.2. Objetivos Específicos	15
2.3. Hipóteses	15
<b>CAPÍTULO II</b>	<b>16</b>
3. REVISÃO DE LITERATURA	16
3.1. Treinamento de força	16
3.2. Transferências do treinamento de força em atividades funcionais	17
3.3. Evidências do treinamento de força com pré-ativação antagonista	19
<b>CAPÍTULO III</b>	<b>24</b>
4. MATERIAIS E MÉTODOS	24
4.1. Desenho do estudo	24
4.2. Local	24
4.3. Amostra	24
4.4. Programa de treinamento de força	27
4.5. Instrumentação e procedimentos	27
4.5.1 Dinamômetro isocinético	27
4.5.2 Plataforma de equilíbrio	29
4.5.3. Procedimento de avaliação pré e pós-treinamento de força	30
4.5.4. Processamento dos sinais isocinéticos	33
4.5.5. Processamento dos testes de equilíbrio e propriocepção	33
4.5.6 Análise estatística	34
<b>CAPÍTULO IV</b>	<b>34</b>
5. RESULTADOS	35
5.1.1 DESEMPENHO NO DINAMÔMETRO ISOCINÉTICO	35
5.1.2 Pico de torque e tempo até o pico de torque	35
5.2. DESEMPENHO FUNCIONAL	36
5.2.1 Equilíbrio dinâmico	36
5.2.2. Salto unipodal em distância e circuito e oito “8”	39
<b>CAPÍTULO V</b>	<b>40</b>
6.DISSCUSSÃO	40
<b>CAPÍTULO VI</b>	<b>45</b>
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS	45
8.REFERÊNCIAS	45
9. ANEXO I (Termo de consentimento livre esclarecido)	52
10. ANEXO II (Ficha de avaliação física e postural)	53
11. ANEXO III (Ficha de avaliação funcional)	55
12. Apêndice (Artigo aceito para publicação)	57

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Características dos participantes do estudo, divididos por grupo de treinamento .....	25
<b>Tabela 2.</b> Valores do pico de torque nos momentos pré e pós-programa de TF, para os grupos recíproco (TRE) e tradicional (TRA). Os valores estão apresentados em média $\pm$ desvio-padrão.....	35
<b>Tabela 3.</b> Valores do tempo até o pico de torque nos momentos pré e pós-programa de TF, para os grupos recíproco (TRE) e tradicional (TRA). Os valores estão apresentados em média $\pm$ desvio-padrão. ....	35
<b>Tabela 4.</b> Valores do salto unipodal e circuito em formato de “8” nos momentos pré e pós-programa de TF, para os grupos recíproco (TRE) e tradicional (TRA). Os valores estão apresentados em média $\pm$ desvio-padrão .....	39



## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Desenho esquemático do Estudo (SUD: Salto unipodal em distância; CR8: Corrida em formato de “8”; TF: Treinamento de Força; TRC: Treinamento recíproco; TRAD: Treinamento tradicional; IT: intervalo).....	26
<b>Figura 2.</b> Dinamômetro isocinético utilizado na pesquisa.....	29
<b>Figura 3:</b> Plataforma de equilíbrio <i>Balance System</i> utilizada na pesquisa. ....	30
<b>Figura 4.</b> Ilustração da posição inicial do teste salto unipodal.....	31
<b>Figura 5.</b> Ilustração do teste de corrida em “8” .....	32
<b>Figura 6.</b> Valores do Índice de Equilíbrio Global (A) e Anteroposterior (B) nos momentos pré e pós-treinamento, para os grupos com contração recíproca (TRE) e tradicional (TRA). As faixas de normalidade estão apresentadas como a média $\pm$ desvio-padrão, baseando-se nos dados de referência da plataforma <i>Balance System</i> .....	37
<b>Figura 7.</b> Valores do Índice de Equilíbrio Mediolateral do membro dominante (A) e não dominante (B) nos momentos pré e pós-treinamento, para os grupos com contração recíproca (TRE) e tradicional (TRA). As faixas de normalidade estão apresentadas como a média $\pm$ desvio-padrão, baseando-se nos dados de referência da plataforma <i>Balance System</i> .....	38

## LISTA DE SIGLAS

**$^{\circ}.\text{s}^{-1}$**  – Unidade de medida de velocidade angular (graus por segundo)

**ANOVA**–Análise de Variância

**ASL** – Índice de oscilação corporal em apoio unipodal

**CR8** – Circuito em formato de oito “8”

**CNS** – Conselho Nacional de Saúde

**D** – Dominante

**IMC** – Índice de massa corpórea

**Kg** – Unidade de medida da massa (quilograma)

**SUD** – Salto Unipodal em Distância

**SPSS** – *Statistical Package for Social Sciences*

**SEG** – Segundos

**TEMP<sub>torque</sub>** – Tempo até atingir o pico e torque

**TF** – Treinamento de força

**TRA** – Treinamento tradicional

**TRE** – Treinamento recíproco

**N.m** – Torque

**ND** – Não dominante

**M**– Metros

**PT** – Pico de torque

**RMS** – *Root Mean square*

## RESUMO

**Introdução:** O treinamento de força (TF) é considerado um dos meios mais eficazes para melhorar a capacidade funcional do sistema neuromuscular. Dentre seus efeitos específicos estão o aumento da força muscular, melhora do equilíbrio e coordenação motora. Deste modo, verifica-se a importância da inserção do TF no contexto da saúde, desempenho humano e reabilitação da função musculoesquelética. Estudos sugerem que benefícios do TF com pré-ativação da musculatura antagonista podem ser transferidos para atividades funcionais. No entanto, estudos crônicos utilizando a pré-ativação no desempenho neuromuscular e nas atividades funcionais são escassos. **Objetivo:** Comparar os efeitos de doze sessões de treinamento de força com ações recíprocas e um modelo tradicional no desempenho neuromuscular, funcional e proprioceptivo de indivíduos saudáveis jovens. **Métodos:** Quarenta e oito homens saudáveis com a idade compreendida entre 18 a 35 anos foram aleatorizados em 2 grupos: 1) treinamento recíproco (TRE, 3 séries; 10 repetições; flexão do joelho imediatamente seguida pela extensão do joelho); 2) treinamento tradicional (TRA, 3 séries; 10 repetições; extensão do joelho). Foi adotado  $60^{\circ}\text{s}^{-1}$  de velocidade e 1 minuto de descanso entre as séries. Como aquecimento, realizou-se 2 séries; 5 repetições submáximas utilizando  $60^{\circ}\text{s}^{-1}$  de velocidade, com 30 segundos de descanso entre as séries. As avaliações pré e pós foram caracterizadas por testes de força isocinética, (2 séries; 5 repetições; 1 minuto de descanso;  $60^{\circ}\text{s}^{-1}$  velocidade) equilíbrio, salto unipodal em distância (SUD) e corrida em formato de "8" (CR8). Aplicou-se uma ANOVA 2X2 de modelos mistos para analisar diferenças entre as condições pré e pós e entre os grupos. **Resultados:** Houve diferenças significantes no pico de torque (PT) entre as modalidades TRE e TRA ( $p=0,00$ ), não houve diferenças significantes entre as modalidades ( $p=0,33$ ). Entre os momentos pré e pós-treinamento houve diferenças significantes para os grupos TRE e TRA ( $p=0,00$ ). No tempo até o pico de torque foram encontrados diferenças significantes ( $p=0,23$ ) em ambos os grupos pós-treinamento. Na análise intergrupos não houve diferença significantes ( $p=0,99$ ). No equilíbrio global e anteroposterior, não foram encontradas diferenças significantes entre os grupos TRE e TRA ( $p>0,05$ ). Do mesmo modo, não foram encontradas diferenças pós-treinamento. O equilíbrio mediolateral no membro dominante não demonstrou diferenças significantes pós-treinamento ( $p=0,94$ ), mas o membro não dominante demonstrou diferença significativa entre os grupos ( $p<0,01$ ). No SUD houve aumentos significantes pós-treinamento nos grupos ( $p<0,01$ ), mas sem diferença entre ambos ( $p=0,90$ ). A CR8 apresentou diferença entre grupos ( $p=0,03$ ), com melhor tempo de corrida no grupo TRA pós-treinamento. **Considerações finais:** O TF realizado no dinamômetro isocinético proporcionou aumento de força muscular, mensurado pelo pico de torque e tempo até atingir o pico de torque nos dois grupos no pós-treinamento. O TF gerou transferências no equilíbrio e testes funcionais, e o TRE apresentou melhores indicativos para o SUD e equilíbrio mediolateral do joelho. No entanto, o TRA apresentou melhores indicativos no desempenho da corrida.

**Descritores:** Exercício resistido, força muscular, funcionalidade, treinamento recíproco.

## ABSTRACT

**Introduction:** Strength training (ST) is considered one of the most effective strategies to improve the functional capacity of the neuromuscular system. Among its specific effects, are the increased in muscle strength, improved balance and coordination. Thus, there is the importance of integrating the ST in the context of health, human performance and rehabilitation of skeletal muscle function. Studies suggest that benefits of ST with pre-activation of antagonist muscles may be transferred to functional activities. However, chronic studies using pre-activation in neuromuscular performance and functional activities are scarce **Objective:** To compare the effects of twelve sessions of ST with reciprocal actions and a traditional model in neuromuscular, functional and proprioceptive performance in young healthy individuals. **Methods:** Forty-eight healthy male volunteers with ages between 18 and 35 years were randomized into 2 groups: 1) reciprocal training (TRE, 3 sets; 10 repetitions of knee flexion immediately followed by knee extension); 2) traditional training (TRA, 3 sets; 10 repetitions of knee extension). A velocity of  $60^{\circ}\text{s}^{-1}$  and 1 minute of rest between sets were adopted. AS warm up, 2 sets of 5 repetitions using sub maximum exercise at  $60^{\circ}\text{s}^{-1}$  and 30 seconds of rest between sets were adopted. Pre- and Post-training evaluations were characterized by isokinetic strength testing (2 sets; 5 reps, 1 minute rest,  $60^{\circ}\text{s}^{-1}$  speed) balance, hop test and race "8" format (CR8). An 2X2 mixed ANOVA was applied to evaluate differences between pre and post conditions and between groups. **Results:** There were significant differences in peak torque (PT) between TRE and TRA ( $p=0.00$ ) modalities post-training in the first set, however, for the second set there were no significant differences between the methods ( $p=0.33$ ). Between pre and post-training there were significant differences in the two series for the TRE and TRA ( $p=0.00$ ) groups. In time to peak torque, no significant differences were found ( $p=0.23$ ) after the training for the TRE and TRA groups in first grade. However, there were significant differences ( $p=0.04$ ) in both groups after training in the second series. In the analysis there were no significant intergroup differences between modalities in two series ( $p=0.86$  and  $p=0.99$  respectively). Anterior and posterior in the global balance, no significant differences were found between the TRE and TRA ( $p>0.05$ ) groups. The mediolateral balance in the dominant limb showed no significant differences post-training ( $p=0.94$ ), but the non-dominant limb showed significant differences between groups ( $p<0.01$ ). For the hop test there were no significant increases in post-training, for both groups ( $p<0.01$ ), and there were no differences between them ( $p=0.90$ ). The CR8 differed between groups ( $p=0.03$ ), with better values for the TRA group, post-training. **Conclusions:** The ST performed in the isokinetic dynamometer provided increases in muscle strength, measured by peak torque and time to reach peak torque in both groups at post-training. The ST generated transferences in balance and functional tests, and TRE presented best predictors for SUD and mediolateral balance of the knee. However, the TRA presented a better performance for the race test.

**Key-words:** Resistance exercise, muscle strength, functionality, reciprocal training

## CAPÍTULO I

### 1. INTRODUÇÃO

O treinamento de força (TF) é considerado um dos meios mais eficazes para melhorar a capacidade funcional do sistema neuromuscular. Dentre seus efeitos específicos estão o aumento da força muscular, melhora do equilíbrio e coordenação motora (Fleck e Kraemer 2006). Deste modo, verifica-se a importância da inserção do TF no contexto da saúde, desempenho humano e reabilitação da função musculoesquelética (Wikstrom, et al. 2006).

O controle das variáveis do TF é realizado com a intenção de proporcionar melhores respostas nos músculos ativados durante a realização de exercícios específicos. Como consequência, diversos métodos de treinamento foram desenvolvidos empiricamente com a proposta de encadear exercícios e aumentar o tempo de tensão muscular. (Gentil, et al. 2007)

Nesse contexto, a pré-ativação muscular é uma estratégia que tem sido bastante utilizada com essa finalidade (Augustsson, et al. 2003; Gentil, et al. 2007). Entre alguns modelos de ativação muscular, destaca-se a pré-ativação de músculos antagonistas. Fleck e Kraemer (2004) enquadram esse método de treinamento no contexto do uso de diferentes ordens de execução dos exercícios, que consiste na realização de uma repetição da musculatura antagonista seguida de uma repetição da musculatura agonista. Como exemplo, uma série de flexão de joelho seguida de uma série de extensão de joelho ou uma única repetição dos flexores do joelho seguida de uma repetição dos extensores do joelho, sendo a primeira denominada de supersérie e a segunda como ações recíprocas ou treinamento recíproco. (Remaud, et al. 2009). O pressuposto desse sequenciamento é proporcionar um aumento no desempenho neuromuscular e permitir maiores volumes do TF em um curto período de tempo (Jeon, et al. 2001; Carregaro, et al. 2011; Cunha, et al. 2013).

No entanto, a literatura tem demonstrado resultados controversos com a utilização desse método, uma vez que, estudos prévios não verificaram efeitos positivos da pré-ativação antagonista (Maynard e Ebben 2003; Robbins, et al. 2010). Por outro lado, estudos que utilizaram essas modalidades demonstraram aumentos na magnitude da força da musculatura agonista (Jeon, et al. 2001; Carregaro, et al.

2011). Contextualizando a estratégia de pré-ativar a musculatura antagonista, Carregaro et al. (2011) utilizaram uma amostra composta por jovens saudáveis com o objetivo de avaliar e comparar efeitos agudos de dois modelos de pré-ativação antagonista (supersérie e ações recíprocas) sobre o desempenho muscular durante séries múltiplas. Os resultados indicaram que a estratégia com contrações recíprocas proporcionou um melhor desempenho, trazido por uma maior manutenção do torque durante as séries de exercícios.

Outro fator interessante da pré-ativação antagonista é a possibilidade de trabalhar toda a musculatura da coxa (quadríceps e isquiotibial) com a mesma intensidade. Como exemplo, é possível realizar exercícios dos flexores e extensores do joelho com a mesma velocidade e números de repetições, de modo simultâneo, o que propicia estímulos equânimes para os dois grupamentos musculares, garantindo que a fadiga muscular chegue ao mesmo tempo para ambos os grupos musculares. Tal exemplo corrobora as recomendações de Wikstrom et al. (2006) os quais demonstraram a importância do aumento da força muscular no contexto clínico. De acordo com os autores, a estratégia de pré-ativação muscular antagonista pode aumentar a estabilidade articular e aperfeiçoar o desempenho funcional. No entanto, para alcançar tais benefícios, o TF deve ser realizado com a intenção de equilibrar a musculatura agonista e antagonista. Conceituando a importância do TF, Baratta et al. (1988) demonstraram que o fortalecimento da musculatura antagonista aumentou o equilíbrio articular, proporcionando o controle da força mecânica que causa instabilidade articular gerada durante a ação dos músculos agonistas.

A estratégia de pré-ativar os músculos agonistas parece ser interessante para o desempenho esportivo, reabilitação e funcionalidade, por permitir o aumento no desempenho muscular e da capacidade de trabalho (Roy, et al. 1990; Jeon, et al. 2001; Cunha, et al. 2013). Entretanto, não foram encontrados estudos utilizando testes funcionais com a intenção de verificar a transferência dos ganhos advindos do TF. Do mesmo modo, a maioria das evidências relativas ao método da pré-ativação antagonista envolve estudos de curta duração (até três semanas de duração), os quais demonstraram maior volume de treinamento quando se utilizou a pré-ativação antagonista. Deste modo, é possível supor que durante um estudo crônico o treinamento recíproco pode promover um maior volume de treinamento, quando comparado a um modelo sem pré-ativação. Nesse caso, torna-se importante

compreender a influência de um treinamento de longo prazo utilizando a pré-ativação antagonista. Assim, ressalta-se a importância do delineamento de ensaios clínicos com longa duração utilizando a pré-ativação antagonista.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

Analisar a influência de seis semanas de um treinamento de força com ações recíprocas e comparar os efeitos com um modelo tradicional, no desempenho neuromuscular, funcional e proprioceptivo de indivíduos saudáveis jovens.

### **2.2. Objetivos específicos**

- i. Analisar a influência de dois protocolos de TF nas variáveis isocinéticas, pico de torque e tempo até o pico de torque.
- ii. Verificar e comparar os efeitos das modalidades do TF no desempenho de um teste de equilíbrio dinâmico unipodal;
- iii. Verificar e comparar os efeitos das modalidades do TF no desempenho de testes funcionais.

### **2.3. Hipóteses do Estudo**

- i. Haverá diferença significativa ( $p < 0,05$ ) demonstrando uma melhora no pico de torque e no tempo até o pico de torque no grupo de treinamento recíproco quando comparado com o treinamento tradicional.
- ii. Haverá diferença significativa ( $p < 0,05$ ) indicando que o grupo de treinamento recíproco é melhor que o treinamento tradicional no equilíbrio dinâmico unipodal.
- iii. Haverá diferença significativa ( $p < 0,05$ ) indicando que o treinamento recíproco é melhor que o treinamento tradicional nos testes funcionais (salto unipodal em distância e circuito com formato oito “8”).

## **CAPÍTULO II**

### **3. REVISÃO DE LITERATURA**

#### **3.1. Treinamento força**

O TF ou treinamento resistido, também conhecido como treinamento com peso e musculação, vem se tornando uma das formas mais populares de atividade física, sendo considerado um elemento essencial do condicionamento físico e programas de reabilitação (ACMS, 2007). Como exemplo, estudos demonstraram efeitos do TF na resistência muscular, força, equilíbrio e funcionalidade do indivíduo (Fitzgerald, et al. 2001; Bottaro, et al. 2007; Polito, et al. 2010)

Por muito tempo, acreditou-se que os benefícios do TF seriam importantes somente na perspectiva do esporte de alto rendimento. No entanto, pesquisas realizadas ao longo dos últimos anos indicam a relevância deste tipo de treinamento para toda a população, seja ela esportista ou não (Miller, et al. 2000; Bellezza, et al. 2009). Para alcançar os objetivos almejados, devem ser controladas diversas variáveis, como o intervalo de recuperação entre séries e exercícios, velocidade do movimento, número de séries e repetições, intensidade e ordem de execução dos exercícios (Fleck e Kraemer 2004; Gentil, 2005).

Com a utilização do TF, podem ser observados efeitos agudos. Tais melhoras são adquiridas por meio de mudanças neurais e morfológicas (Hakkinen e Hakkinen; Kraemer, Hakkinen et al. 1999). No contexto agudo, fatores neurais, como o aumento da frequência de disparo e o número de unidades motoras recrutadas explicam os ganhos de força (Moritani, 1993; Remple, et al. 2001). Por exemplo, um estudo desenvolvido por Cunha, et al. (2013), com o objetivo de avaliar apenas três sessões do TF por meio da pré-ativação antagonista e sem pré-ativação sobre desempenho muscular de jovens saudáveis, demonstraram ganhos na força muscular através da medida do pico de torque para ambas as estratégias. Do mesmo modo, outro estudo (Remple, et al. 2001), aponta alguns achados importantes produzidos pelas influências neurais, uma vez que observaram aumento da força sem a presença de hipertrofia. Estas são evidências de que a força gerada nos músculos durante as primeiras semanas de treinamento pode ser explicada pelo sistema



nervoso central e periférico.

Em condições crônicas (acima de seis semanas), as melhoras do desempenho neuromuscular são advindas de adaptações morfológicas, sendo possíveis pelo fato da musculatura esquelética ser um tecido extremamente plástico e adaptável às demandas impostas pelo TF. Neste caso, o aumento da sobrecarga pode provocar adaptações que resultam em uma maior magnitude da área de secção transversal (hipertrofia) e alterações nas características contrateis das fibras musculares (Barroso, et al. 2005).

No entanto, adaptações fisiológicas (morfológicas, metabólicas e funcionais) são melhoradas quando a prescrição do TF é bem planejada e estruturada, como observou-se em um estudo prévio no qual os autores avaliaram doze semanas do TF no dinamômetro isocinético, sendo realizado 6x10 de repetições, com o objetivo de examinar o pico de torque e a atividade eletromiográfica. Os resultados demonstraram aumentos no pico de torque, entretanto, não foram encontrados efeitos significantes na atividade eletromiográfica. Os autores justificam uma possível ocorrência da hipertrofia muscular, por isso a ausência de resultados significantes nos sinais eletromiográficos (Remple, et al. 2001). Do mesmo modo, outro estudo (Polito, et al. 2010) demonstrou que doze semanas de TF em homens sedentários aumentou a força muscular nos membros superiores e inferiores (10% e 31% respectivamente).

Evidências demonstram que, além da força muscular, o TF promove melhorias que podem ser transferidas para atividades de vida diária, podendo ser identificados em alguns componentes da aptidão física, como na coordenação motora (Guedes, et al. 2008), na velocidade (Wilson, et al. 1996; Macaluso e De Vito 2004) e no equilíbrio (Nelson, et al. 1994; Baker e Newton, 2005; Garber, et al. 2011). Sendo assim, verifica-se, a importância da aplicação do TF no contexto da funcionalidade e saúde individual e coletiva.

### **3.2. Transferências do treinamento de força em atividades funcionais**

O TF tornou-se um componente integral durante a preparação física para aprimorar o aumento da força, melhorar a coordenação motora, elevar a taxa de

trabalho e aperfeiçoar o desempenho esportivo (Guedes, et al. 2008). No entanto, o conceito da transferência do treinamento durante atividades de vida diária e esportiva é de fundamental importância. Segundo Zatsiorsky e Kraemer (2008), a melhora de desempenho adquirida pelo TF pode ser caracterizada pelas transferências dos ganhos, os quais podem ser conceitualmente expressos por meio dos dados de Wilson, et al. (1996). Nesse estudo, os autores demonstraram um ganho de 21% no desempenho do salto vertical e 2% no desempenho da corrida, após oito semanas do TF.

A literatura tem verificado uma disseminação do uso de testes funcionais, com a intenção de avaliar os efeitos e as transferências dos ganhos advindos do TF. Dentre os vários testes funcionais, são encontrados testes caracterizados por avaliar o equilíbrio estático, dinâmico e as variáveis relacionadas à força muscular (Fonseca, et al. 1992; Alessandro, et al. 2005).

Estudos (Hakkinen, 1993; Tricoli, et al. 1994; Felicissimo, et al. 2012) demonstraram que o salto em distância bipodal é um teste funcional interessante para avaliar a transferência da força muscular dos membros inferiores durante atividades esportivas e da vida diária. Por sua vez, autores como Hakkinen (1993) e Tricoli, et al. (1994), encontraram uma correlação significativa entre o salto e variáveis de força isocinética, tal fato, demonstrou indício da transferência da força dos membros inferiores durante atividades funcionais e esportivas. No entanto, Morrissey, et al. (1998) demonstraram por meio do salto em distância bipodal, que dezoito sessões do TF em condições isocinéticas, não foram suficientes para apresentar transferências da força muscular durante atividades funcionais, mesmo demonstrando aumentos significantes no pico de torque. Os autores acreditam que os resultados podem ter sido influenciados pela velocidade adotada durante o treinamento, ( $100^{\circ} \cdot s^{-1}$ ) e por terem sido utilizados somente exercícios com cadeia cinética fechada.

Outro estudo desenvolvido por Risberg, et al. (2010), demonstraram transferências da força muscular após doze sessões do TF por meio do salto unipodal em distância (SUD) (hop test). Ao contrário do estudo prévio (Morris, et al. 2001), o TF utilizado no estudo de Risberg, et al. (2010) envolveu exercícios da articulação do joelho e do tornozelo, além de terem utilizado exercícios de cadeia cinética fechada e aberta. Os autores afirmam que o SUD, além de ser uma

estratégia confiável para avaliar as transferências da força muscular nos membros inferiores, também pode ser um preditor para realizar avaliações clínicas.

Oliveira et al. (2013) demonstraram transferências da força muscular após oito semanas do TF excêntrico, onde encontraram uma diminuição da fadiga muscular durante a realização da corrida. Tal fato demonstra que o TF é interessante no sentido de intensificar a corrida e prevenir danos musculares. No entanto, o TF deve ser manipulado para atingir/melhorar a variável em estudo, da mesma forma, é fundamental a escolha do teste funcional adequado para avaliar a variável influenciada pelos ganhos advindos do TF.

Tem sido relatado por vários autores (Bohannon, 1985; Jeon, et al. 2001; Cunha, et al. 2013), indicativos de que o TF envolvendo a pré-ativação muscular antagonista pode ser interessante para a funcionalidade humana, no entanto, não foram encontrados estudos com essa característica, avaliando a transferência da força muscular avaliada por testes funcionais.

### **3.3.Evidências do treinamento de força com pré-ativação antagonista**

Vários métodos de TF foram desenvolvidos nos últimos anos (isometria funcional, oclusão vascular, superlento, drop-set, pré-ativação, dentre outros) com a intenção de melhorar o desempenho neuromuscular (Gentil, et al. 2007). No entanto, ao criar métodos de treinamento, é importante lembrar-se da relevância do controle das variáveis do TF. Neste sentido, alguns autores (Tan, 1999; Fleck e Kraemer; Gentil, 2005) demonstraram a importância da variável ordem de execução dos exercícios na prescrição do TF. Tradicionalmente, recomenda-se a execução de exercícios multiarticulares antes de exercícios mono-articulares (Tan, 1999).

Sforzo e Touey (1996) demonstraram a implicação desse procedimento numa sessão de treino. Duas rotinas de treinamento foram observadas, cada uma composta de quatro séries de seis exercícios, três para membros inferiores e três para membros superiores, todos com carga equivalente a oito repetições máximas. Na sessão que seguia a recomendação tradicional, a sequência foi: agachamento, extensão de joelho, flexão de joelho, supino, desenvolvimento dos ombros e extensão de tríceps na polia. A ordem que tinha início com exercícios de menor complexidade foi: flexão de joelhos, extensão de joelhos, agachamento, extensão do

tríceps na polia, desenvolvimento dos ombros e supino. Os autores demonstraram um maior trabalho total quando exercícios multiarticulares foram realizados primeiramente.

Entretanto, Fleck e Kraemer (2006) relataram que mesmo executando exercícios multiarticulares no início da sessão, a realização de exercícios monoarticulares deve ser precedida por movimentos mais complexos, com o intuito de promover um maior estímulo para a musculatura fadigada. Como preconizado pelo uso da pré-ativação, essa abordagem se tornou um procedimento muito difundido por fisiculturistas americanos e levantadores de peso. O pressuposto desses atletas é que, em exercícios multiarticulares, os músculos pequenos esgotam-se mais rápido que músculos maiores. A exemplo, o tríceps braquial perderia sua capacidade contrátil antes que o exercício de supino pudesse levar o músculo peitoral ao seu limite de trabalho. Ao que parece, exercitar a musculatura até a fadiga apresenta benefícios para o ganho de força e hipertrofia (Rooney, et al. 1994). Sendo assim, o supino se tornaria um exercício mais eficiente para o desenvolvimento do peitoral, caso provocasse maior desgaste dessa musculatura.

Contudo, estudos envolvendo a pré-ativação por meio de exercícios monoarticulares tem demonstrado efeitos contrários. Tal afirmação é comprovada por um estudo prévio que avaliou a pré-ativação da musculatura dos membros inferiores em uma série simples de exercícios *leg press* e outra imediatamente após a execução de uma série dos extensores do joelho. Três músculos foram avaliados por meio da eletromiografia de superfície: vasto medial, reto femoral e glúteo máximo. Em decorrência da pré-fadiga do quadríceps pela realização do exercício de extensão de joelho, houve uma diminuição da amplitude de ativação muscular dos músculos reto femoral e do vasto lateral durante a execução *do leg press*, o que indica um decréscimo da ação desses músculos no movimento. Além disso, houve uma redução significativa no número de repetições e no volume total do treinamento durante a realização do exercício *leg press* quando se utilizou a pré-ativação, em relação a execução desses exercícios sem pré-ativação (Augustsson, et al. 2003).

No contexto da ordem de execução dos exercícios e da pré-ativação, outro método que tem sido bastante estudado por profissionais da saúde, é caracterizado por pré-ativar a musculatura agonista com um exercício antagonista. Essa abordagem tem demonstrado efeitos na funcionalidade do ser humano (Bohannon,

1986), além de aumentos da força muscular (Jeon, et al. 2001; Carregaro, et al. 2011).

Cunha, et al. (2013) demonstraram aumentos da força muscular durante a pré-ativação antagonista quando comparado com exercícios sem pré-ativação, em um grupo de jovens saudáveis. O estudo observou três grupos diferentes: Grupo 1) realização de exercício envolvendo a pré-ativação antagonista; Grupo 2) Realização de exercícios sem pré-ativação; Grupo 3) Grupo controle, não realizou nenhum tipo de exercícios. A intervenção foi caracterizada por 3x10 repetições com intervalo de um minuto entre as séries utilizando uma velocidade de  $60^{\circ} \cdot s^{-1}$ . Durante a avaliação os voluntários realizaram 2x4 repetições máximas nas velocidades de  $60^{\circ} \cdot s^{-1}$  e  $180^{\circ} \cdot s^{-1}$ . Os resultados demonstraram uma diminuição na taxa de desenvolvimento e aceleração para o grupo 1 e grupo 2, o pico de torque foi significativo para o grupo 1 e grupo 2. No entanto, o grupo 1 teve aumentos de 6,1% enquanto o grupo 2 aumentou apenas 4,4% na velocidade baixa ( $60^{\circ} \cdot s^{-1}$ ). Na velocidade mais alta ( $180^{\circ} \cdot s^{-1}$ ), foi demonstrada uma diferença significativa apenas no grupo 1. Os autores sugerem que esses resultados podem ser interessantes no sentido que os efeitos do treinamento utilizando pré-ativação antagonista possam ser transferidos para atividades de vida diária.

De modo geral, têm sido estudadas duas estratégias de pré-ativação antagonista, uma denominada supersérie, que consiste na realização de uma série do exercício antagonista seguido por uma série de exercício agonista, e outra sendo intitulada por ações recíprocas, contrações recíprocas ou treinamento recíproco (TRE). O TRE caracterizado pela realização de uma repetição do exercício antagonista seguido imediatamente por uma repetição dos exercícios agonista, (Carregaro, et al. 2011) por exemplo, se a intenção é ativar a musculatura do bíceps braquial, inicia-se com um exercício que envolva a musculatura do tríceps e, em seguida, realiza-se exercício que ativa a musculatura do bíceps braquial.

Em um estudo prévio, Carregaro, et al. (2011) utilizaram duas estratégias de pré-ativação de músculos antagonistas (supersérie e contrações recíprocas) no desempenho neuromuscular e na atividade eletromiográfica dos extensores do joelho no dinamômetro isocinético. A amostra foi composta por jovens saudáveis, que realizaram 4x10 repetições na velocidade  $60^{\circ}/s^{-1}$ . com um minuto de intervalo entre as séries. Os resultados demonstraram que não houve diferença significativa entre o

pico de torque e trabalho total. No entanto, o trabalho total durante a supersérie apresentou quedas significantes nas duas últimas séries, e as contrações recíprocas apresentaram queda apenas na última série do exercício. Em relação à atividade eletromiográfica, não houve diferenças no *Root Mean Square* (RMS) entre os protocolos, mas foi verificado um padrão de ativação mais uniforme durante a realização dos exercícios utilizando a estratégia contração recíproca. Os autores indicam que a força muscular não é influenciada pelas diferentes formas de pré-ativação da musculatura antagonista, entretanto, exercícios envolvendo as contrações recíprocas parecem permitir manutenção do volume do treinamento.

Tradicionalmente, a partir de quatro semanas são observados efeitos crônicos na força e no desempenho funcional (Barroso, et al. 2005). Entretanto, há uma carência de informações a respeito dos ganhos advindos da pré-ativação muscular antagonista, uma vez que poucos estudos são encontrados com essa característica. Guilhem, et al. (2012), com o objetivo de comparar as adaptações neuromusculares induzidas por um TF crônico, utilizaram dois métodos de treinamento, um utilizando a estratégia de pré-ativar a musculatura antagonista e um método tradicional (sem pré-ativação). Os autores observaram nove semanas do TF e a amostra foi composta por jovens saudáveis sem experiência prévia ao TF. O treinamento foi caracterizado por realizar vinte sessões do TF, sendo iniciado com 3x8 repetições e o número de séries foram aumentando gradativamente até chegar nas 5x8 repetições. Os resultados demonstraram que o TF sem pré-ativação aumentou 20% a força excêntrica, enquanto o treinamento com pré-ativação antagonista aumentou somente 15%. A espessura muscular foi maior no treinamento sem pré-ativação quando comparado com o treinamento com pré-ativação antagonista e foram encontrados aumentos da atividade eletromiográfica para ambos os grupos. Também se evidenciou que a coativação antagonista não foi afetada por nenhum treinamento. Os autores sugerem que o treinamento sem pré-ativação é mais eficiente quando o foco é aumentar a força muscular e espessura muscular, no entanto, o treinamento utilizando a pré-ativação antagonista é importante quando o interesse é o processo de reabilitação.

Estudos prévios (Jeon, et al. 2001; Carregaro, et al. 2011; Cunha, et al. 2013) demonstraram em efeitos significantes no desempenho da força musculatura agonista. Além disso, sugere-se que a pré-ativação antagonista representa inúmeras

atividades funcionais (Bohannon, et al. 1986; Kelleher, et al. 2010). Entretanto, há uma carência de estudos crônicos utilizando essa modalidade e há lacunas de estudos que avaliam a transferência dos ganhos advindos do TF durante atividades funcionais. Nesse caso, é fundamental a realização de estudos crônicos utilizando testes funcionais para verificar se o TF proporciona melhor desempenho durante atividades funcionais.

## CAPÍTULO III

### 4. MATERIAIS E MÉTODOS

#### 4.1. Desenho do estudo

O estudo foi caracterizado por um ensaio controlado e aleatório de acordo com as regras do *Consort Statement* (Schulz, et al. 2010), ilustrado na Figura 1. Os voluntários foram submetidos a um TF, com seis semanas de duração, totalizando doze sessões de TF com contrações concêntrica e isocinética da musculatura dos flexores e extensores joelho, na velocidade de  $60^{\circ} \cdot s^{-1}$ .

#### 4.2. Local

O projeto foi desenvolvido no Laboratório de Análise do Desempenho Funcional Humano do Curso de Fisioterapia da Faculdade de Ceilândia, Universidade de Brasília (FCE/UnB).

#### 4.3. Amostra

Foi realizado um cálculo amostral (*software* G Power versão 3.1.9), considerando um poder estatístico de 80% e um valor  $\alpha$  de 5% de modo a detectar um efeito moderado nas variáveis neuromotoras e funcionais, determinando que 34 sujeitos seriam suficientes para a realização do presente estudo.

A amostra de conveniência foi composta por 48 jovens sadios do sexo masculino (idade média de  $20,9 \pm 2,2$  anos; altura de  $1,8 \pm 0,1$  m; massa de  $75,0 \pm 8,2$  kg) recrutados por meio de cartazes e contatos verbais em sala de aula, na Universidade de Brasília (UnB), Campus UnB Ceilândia. A caracterização da amostra encontra-se na Tabela 1.

Os voluntários foram submetidos a uma avaliação física, composta por questionários contendo informações pessoais (nível de atividade física, tipo e frequência) dados clínicos (doenças prévias, presença de traumas e cirurgias recentes). Os voluntários foram selecionados com base nos critérios de inclusão e exclusão.

(A) Critérios de Inclusão: (1) Idade compreendida entre 18 a 25 anos; (2) não terem



participado de qualquer tipo de programa de TF nos últimos seis meses precedentes ao início do experimento. (3) Ter disponibilidade de executar o treinamento durante 6 semanas.

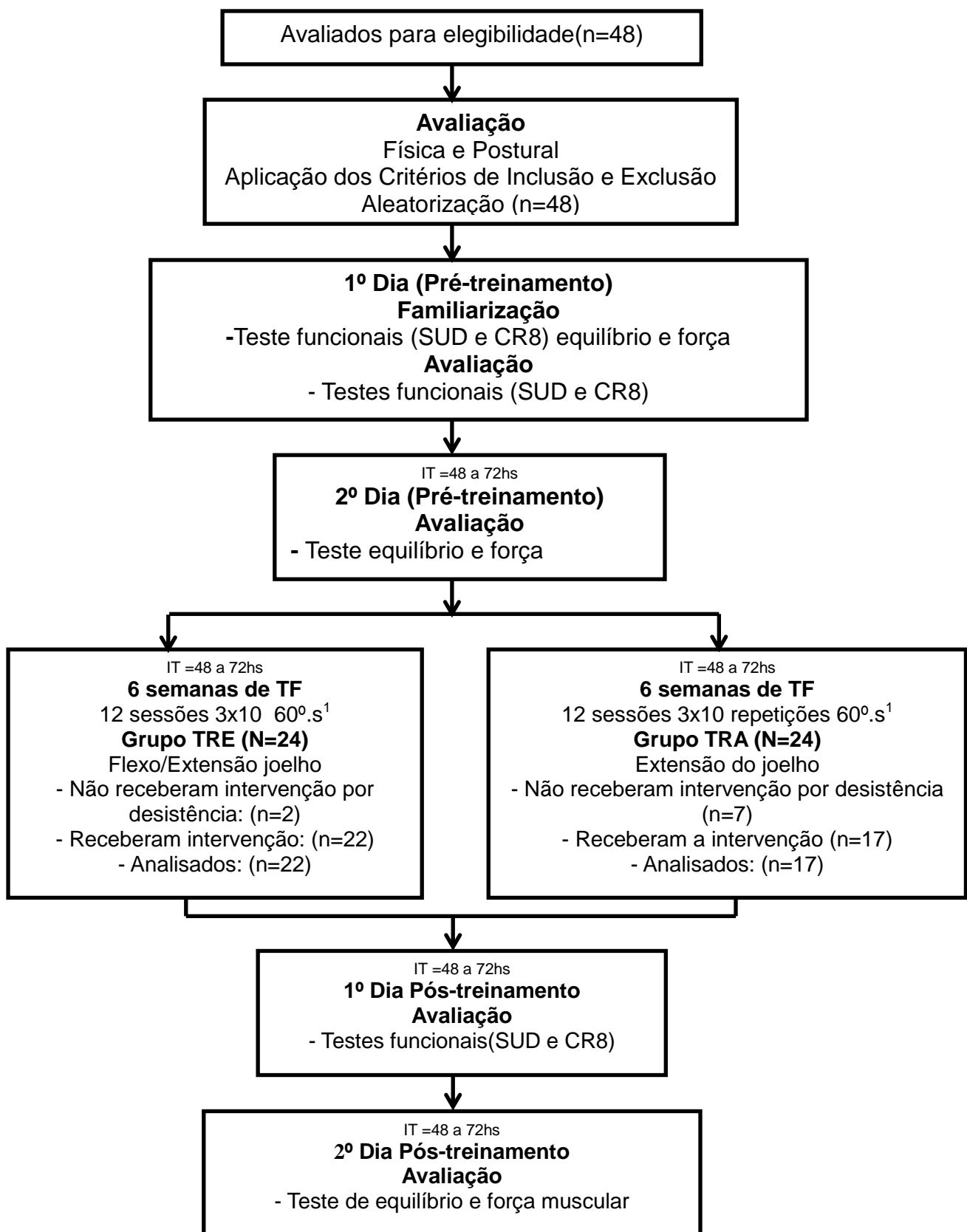
(B) Critérios de exclusão: (1) qualquer comprometimento cardiorrespiratório; (2) qualquer tipo de doença metabólica; (3) lesão osteomioarticular na coluna vertebral; (4) lesão ligamentar no tornozelo e/ou no joelho, seja ela total ou parcial; (5) doença ou sinal de déficit neurológico e/ou proprioceptivo; (6) faltar duas ou mais vezes o treinamento.

Os voluntários que atenderam os critérios foram esclarecidos sobre os objetivos e procedimentos da pesquisa, e convidados a participar do estudo assinando um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, de acordo com a resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde (CNS), devidamente aprovado pelo Comitê de Ética da Faculdade de Saúde da Universidade de Brasília (FS/UnB)(protocolo n. 112/2)

Os participantes deram entrada sequencial e foram alocados aleatoriamente em dois grupos: Grupo de treinamento recíproco (TRE) e grupo de treinamento tradicional (TRA). Foram utilizados envelopes opacos e lacrados contendo vários cartões com os nomes das intervenções (“RECÍPROCO” e “TRADICIONAL”), tendo assim, garantido o sigilo da alocação dos participantes. O procedimento foi realizado por um pesquisador que não tinha conhecimento dos objetivos e propósitos do estudo.

**Tabela 1.** Características dos participantes do estudo, divididos por grupo de treinamento.

Variáveis	Grupos		p-valor
	TRE (n = 22)	TRA (n = 17)	
Idade (anos)	20,1 ± 1,9	20,2 ± 2,3	0,6
Altura (m)	1,70 ± 0,1	1,80 ± 0,1	0,7
Massa (kg)	72,2 ± 10,2	71,9 ± 8,0	0,3
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	23,5 ± 3,3	22,9 ± 2,6	0,5
TRE: Recíproco, TRA: Tradicional, IMC: índice de massa corporal			



**Figura 1.** Desenho esquemático do Estudo (SUD: Salto unipodal em distância; CR8: Corrida em formato de “8”; TF: Treinamento de Força; TRE: Treinamento recíproco; TRA: Treinamento tradicional; IT: intervalo).

Um total de 48 sujeitos foram avaliados para elegibilidade e incluídos no presente estudo. No entanto, durante o período de treinamento, dois sujeitos alocados no grupo TRE e sete sujeitos alocados no grupo TRA desistiram. Todos os 39 sujeitos remanescentes receberam as intervenções, as quais lhes foram originalmente atribuídas e foram incluídos nas análises subsequentes (Tabela 1).

#### **4.4. Programa de treinamento de força**

Os voluntários do estudo foram submetidos a um programa de TF caracterizado pela aplicação de diferentes protocolos de exercício concêntrico isocinético dos flexores e extensores do joelho. O treinamento foi composto por 3x10 repetições, em uma velocidade de  $60^{\circ} \cdot s^{-1}$ . Entre as séries, foi adotado um intervalo de descanso de um minuto.

Como descrito anteriormente, os voluntários foram alocados para um dos seguintes grupos, nos quais está apresentada a descrição dos exercícios:

- (1) Grupo de Treinamento Recíproco (TRE): realização do exercício concêntrico recíproco de agonistas e antagonistas, caracterizado pelo movimento de flexão do joelho imediatamente seguido pela sua extensão, em cada repetição;
- (2) Grupo de Treinamento Tradicional (TRA): realização do exercício concêntrico dos extensores do joelho, sem pré-ativação antagonista.

#### **4.5. Instrumentação e procedimentos**

##### **4.5.1. Dinamômetro isocinético**

Foi utilizado um dinamômetro isocinético da marca Biodex System 4 (*Biodex Medical Systems, Shirley, New York, USA*) para o treinamento e para avaliar o pico de torque, trabalho total e tempo até o pico de torque nos momentos pré e pós-treinamento.

A calibração do dinamômetro foi realizada de acordo com as especificações do manual do fabricante. Os sujeitos foram posicionados na cadeira, com a possibilidade de um movimento livre e confortável de flexão e extensão do joelho. Neste processo, utilizou-se como parâmetro a extensão do joelho definida como  $0^{\circ}$  e

uma flexão a 90°, utilizando-se uma amplitude de movimento de flexo-extensão de 80° (execução desde os 90° de flexão até 10°). O epicôndilo lateral do fêmur foi usado como ponto de referência do eixo de rotação do joelho ao ser alinhado com o eixo de rotação do aparelho. A posição do quadril foi padronizada a 80° de flexão (posicionamento da cadeira), para todos os participantes.

Para que o posicionamento dos sujeitos fosse confiável entre os diferentes dias de treinamento e avaliação, as seguintes medidas foram anotadas e replicadas: altura da cadeira, inclinação do encosto, altura do dinamômetro e ajuste da almofada de resistência. A correção da gravidade foi obtida medindo-se o torque exercido pela almofada de resistência e a perna do participante (relaxada), na posição de extensão terminal. Os valores das variáveis isocinéticas foram automaticamente ajustados para a gravidade pelo programa *Biodex Advantage 4* (Figura 2).



**Figura 2.** Ilustração do dinamômetro isocinético utilizado na pesquisa.

#### **4.5.2. Plataforma de equilíbrio**

Para o presente estudo, foi utilizada a plataforma de equilíbrio *Balance System* (*Biodex Medical Systems, Shirley, New York, USA*). A calibração da plataforma foi realizada de acordo com as especificações do manual do fabricante. A plataforma proporciona a avaliação de variáveis relacionadas ao equilíbrio estável e instável, sendo o equilíbrio instável dividido por estágios (nível 1 até 12). Durante o estudo piloto, verificou-se que o nível 4 da plataforma foi desafiador o suficiente para se avaliar o equilíbrio instável, deste modo, no presente estudo o referido nível foi utilizado, na modalidade *Athlete Single LegStabilityTesting* (ASL – Índice de oscilação corporal em apoio unipodal) (Figura 3).



**Figura 3:** Ilustração da plataforma de equilíbrio *Balance System* utilizado na pesquisa, e posicionamento do voluntário.

#### **4.5.3. Procedimento de avaliação pré e pós-treinamento de força**

Os participantes foram submetidos a dois momentos de avaliação: 1º) antes do início do treinamento, denominado pré-treinamento; 2º) após 48 a 72 horas da última sessão do treinamento (pós-treinamento).

A avaliação pré-treinamento foi realizada em dois dias distintos com 48 a 72 horas de intervalo entre o primeiro e segundo dia. Após a avaliação, houve o agendamento do treinamento, que iniciou-se após 48 a 72 horas.

No primeiro dia de avaliação pré-treinamento realizou-se uma avaliação clínica (Anexos 2 e 3), familiarização e aplicação dos testes funcionais (SUD e CR8) e familiarização da plataforma de equilíbrio e do teste força no dinamômetro

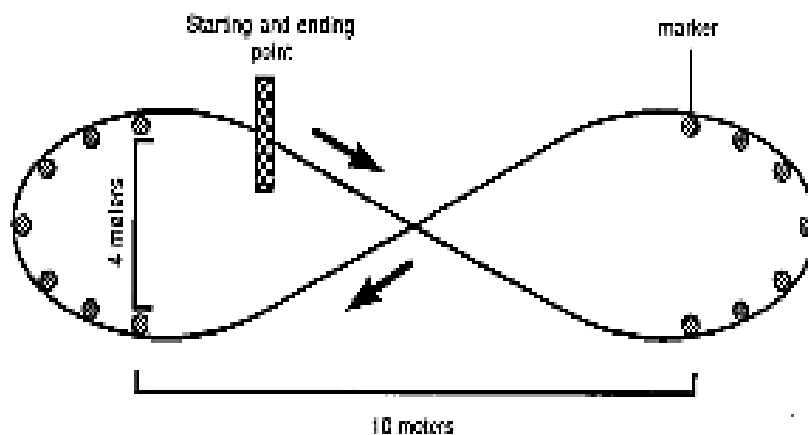
isocinético.

Após a aplicação dos testes clínicos, foi realizada a familiarização e avaliação do SUD. No teste os voluntários foram orientados a realizar um “salto em distância”, partindo da posição inicial com o pé de apoio semi-flexionado, a outra perna flexionada a 90° e as mãos apoiadas no quadril (Figura 4). Durante a familiarização foram realizados três saltos bilateralmente; após cinco minutos de descanso, foram aplicados os testes, sendo realizados da mesma forma que a familiarização, um intervalo de um minuto foi adotado entre os saltos, com a mesma perna e entre os membros. Os testes foram mensurados por meio de uma fita métrica posicionada no solo. As médias dos três saltos foram consideradas para análise (Magee, 2005). No segundo dia foram aplicados os testes de equilíbrio e força muscular.



**Figura 4.** Ilustração da posição inicial do teste de salto unipodal em distância.

Após um intervalo de dez minutos foi realizada a familiarização do teste CR8, que consiste em dez metros de distância e quatro metros de largura, sendo um total de 20 metros de percurso (Fonseca, et al. 1992). Durante a familiarização os voluntários realizaram uma corrida lenta com a finalidade de conhecer e familiarizar-se com o trajeto do circuito. Cinco minutos de intervalo foram adotados após a familiarização. Após o intervalo, realizou-se o teste, no qual os participantes foram instruídos a realizara corrida na maior velocidade possível. O teste foi realizado uma vez e foi analisado o tempo (em segundos) gasto para realizar o circuito (ilustrado na Figura 5).



**Figura 5.** Ilustração do teste de corrida em “8”. Adaptado de Fonseca, et al.

Após a realização do teste de CR8 os voluntários tiveram dois a cinco minutos de descanso. Em seguida foi realizada a familiarização na plataforma de equilíbrio e no dinamômetro isocinético. Inicialmente, os voluntários foram posicionados na plataforma e instruídos sobre o processo de familiarização. Em seguida, os sujeitos realizaram o teste de equilíbrio dinâmico (nível 4). Durante a familiarização os sujeitos permaneceram com a perna de apoio semi-flexionada e a outra com o joelho flexionado a 90° e os braços cruzados e apoiados nos ombros, a posição do pé na plataforma foi anotada e replicada nas avaliações pré e pós-treino.

Por fim, os voluntários foram posicionados no dinamômetro isocinético e



estabilizados por meio de faixas posicionadas no quadril, coxa e tronco, de modo a evitar movimentos e/ou compensações indesejadas que possam influenciar o resultado. Os voluntários realizaram 2x5 repetições de aquecimento com intervalo de quarenta e cinco segundos entre as séries e posteriormente foi simulado o teste de força máxima, caracterizado por realizar 2x5 repetições máximas com intervalo de noventa segundos. Durante todo o processo de familiarização e avaliação no dinamômetro isocinético, foi solicitado aos voluntários que posicionassem os braços contra o tórax, para não influenciar a geração de força dos membros inferiores (Stumbo, et al. 2001). Além disso, foi dado um encorajamento verbal e um *feedback* visual pela tela do computador, na tentativa de se alcançar o nível máximo de esforço. Foi utilizado o ângulo de 80° tendo como referencial 0° extensão total do joelho e 90° com flexão e a velocidade adotada foi 60°/s<sup>-1</sup>. (Touey, et al. 1994; Bottaro, et al. 2010).

No segundo dia, foram realizados os testes na plataforma de equilíbrio e teste de força muscular. No primeiro momento foi realizado o teste de equilíbrio dinâmico (nível 4) unipodal, conforme descrito no dia da familiarização. Após cinco minutos de intervalo, realizou-se o teste de força no dinamômetro isocinético, utilizando-se as mesmas recomendações e padronizações do primeiro dia (familiarização). Para a análise dos dados do teste de força muscular foi utilizada a série com o maior valor de pico de torque.

A avaliação pós-treinamento foi realizada após 24 a 48 horas da última sessão do treinamento no mesmo horário da avaliação pré-treinamento, do mesmo modo como descrito na avaliação pré-treinamento, exceto a avaliação clínica.

#### **4.5.4. Processamento dos sinais isocinéticos**

Os dados isocinéticos foram processados no *software Biodex Advantage* e exportados para o Excel, para posterior análise estatística. As variáveis extraídas do software foram:

- 1) Torque (em N.m): repetição no qual ocorreu o pico do torque;
- 2) Tempo até atingir o pico de torque (TEMP<sub>torque</sub>): em milissegundos.

#### **4.5.5. Processamento dos testes de equilíbrio e propriocepção**

O processamento dos sinais advindos da plataforma de equilíbrio foi realizado por meio do *software* da própria plataforma *Balance System*, que foram exportados para Excel e, posteriormente, processados na análise estatística.

Em relação ao teste de agilidade os mesmos foram quantificados *in loco*, por pesquisador treinado, que fez a cronometragem do tempo no teste de agilidade CR8 e a mensuração da distância do SUD.

#### **4.5.6 Análise estatística**

Para a análise dos dados foi utilizado o programa SPSS (*Statistical Package for Social Sciences*) versão 21.0. A variável independente foi o grupo de treinamento (TRE e TRA). As variáveis dependentes foram: Pico de Torque; Tempo até o Pico de Torque; Trabalho Total; Índice de Equilíbrio Unipodal; Tempo no Teste de Agilidade (corrida em formato de “8”, em segs) e Distância no SUD (em metros). Aplicou-se o teste de Kolmogorov-Smirnov para verificar a normalidade dos dados. Como as suposições de normalidade foram atendidas, testes paramétricos foram utilizados.

Inicialmente, foi aplicado o teste t de *student* para amostras independentes, com o intuito de comparar as características da amostra entre os grupos TRE e TRA (Tabela 1). Por meio de um teste t de *student* para amostras pareadas, os valores do membro dominante (D) e não dominante (ND) nas variáveis isocinéticas (pico de torque, tempo do pico de torque), nos testes de equilíbrio e salto foram comparados. Tal análise indicou que apenas o índice de equilíbrio mediolateral apresentou diferenças entre os membros D e ND, em ambos os grupos. Por fim, aplicou-se uma Análise de Variância (ANOVA) 2X2 de modelos mistos com medidas repetidas com post hoc de Bonferroni, com o intuito de verificar diferenças entre as condições pré e pós-treinamento e os dois grupos de treinamento. A significância adotada foi de 5% ( $p < 0,05$ )

## CAPÍTULO IV

### 5. RESULTADOS

#### 5.1. DESEMPENHO NO DINAMÔMETRO ISOCINÉTICO

##### 5.1.2. Pico de torque e tempo até o pico de torque

Os valores do pico de torque (PT) nos momentos pré e pós-treinamento estão ilustrados na Tabela 2. A análise intergrupos demonstrou diferenças significantes entre as modalidades TRE e TRA ( $p=0,00$ ). Entre os momentos pré e pós-treinamento houve diferenças significantes para os grupos TRE e TRA ( $p=0,00$ ).

**Tabela 2.** Valores do pico de torque nos momentos pré e pós-programa de TF, para os grupos recíproco (TRE) e tradicional (TRA). Os valores estão apresentados em média  $\pm$  desvio-padrão.

Pico de torque (N.m)					
TRE			TRA		
Pré	Pós	$\Delta\%$	Pré	Pós	$\Delta\%$
219,9 $\pm$ 45,9	253,8 $\pm$ 54,7*	15,4‡	240,2 $\pm$ 56,0	263,0 $\pm$ 46,2*	9,4‡
*Diferenças significantes entre os momentos Pré X Pós-treinamento: $p=0,00$ .					
‡ Diferenças significantes entre os grupos TRE e TRA: $p=0,00$ .					
$\Delta\%$ : Variação percentual entre os momentos pré e pós-treinamento.					

Os resultados referentes ao tempo até o pico de torque, nos grupos TRE e TRA estão apresentados na Tabela 3. Foram encontradas diferenças significantes ( $p=0,04$ ) em ambos os grupos pós-treinamento. A análise intergrupos demonstrou que não houve diferenças significantes ( $p=0,99$ ).

**Tabela 3.**Valores do tempo até o pico de torque nos momentos pré e pós-programa de TF, para os grupos recíproco (TRE) e tradicional (TRA). Os valores estão apresentados em média  $\pm$  desvio-padrão.

Tempo até o pico de torque (ms)					
Recíproco			Tradicional		
Pré	Pós	$\Delta\%$	Pré	Pós	$\Delta\%$
409,0 $\pm$ 82,5	344,5 $\pm$ 99,8*	-15,7	381,2 $\pm$ 76,1	372,5 $\pm$ 77,9*	-2,2

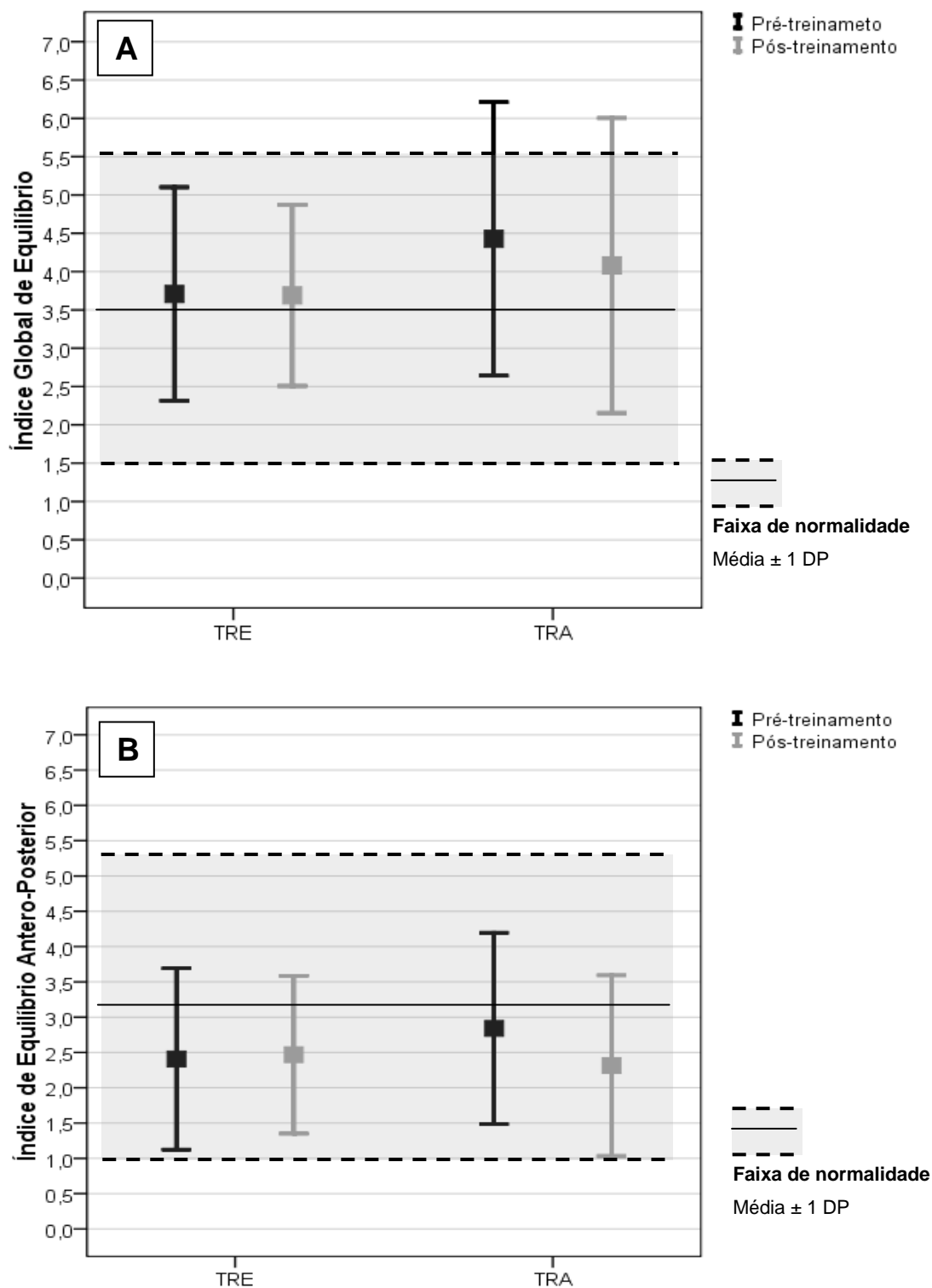
\*Diferenças significantes entre os momentos Pré X Pós-treinamento: \*p=0,04.  
 $\Delta\%$ : Variação percentual entre os momentos pré e pós-treinamento.

## 5.2. DESEMPENHO FUNCIONAL

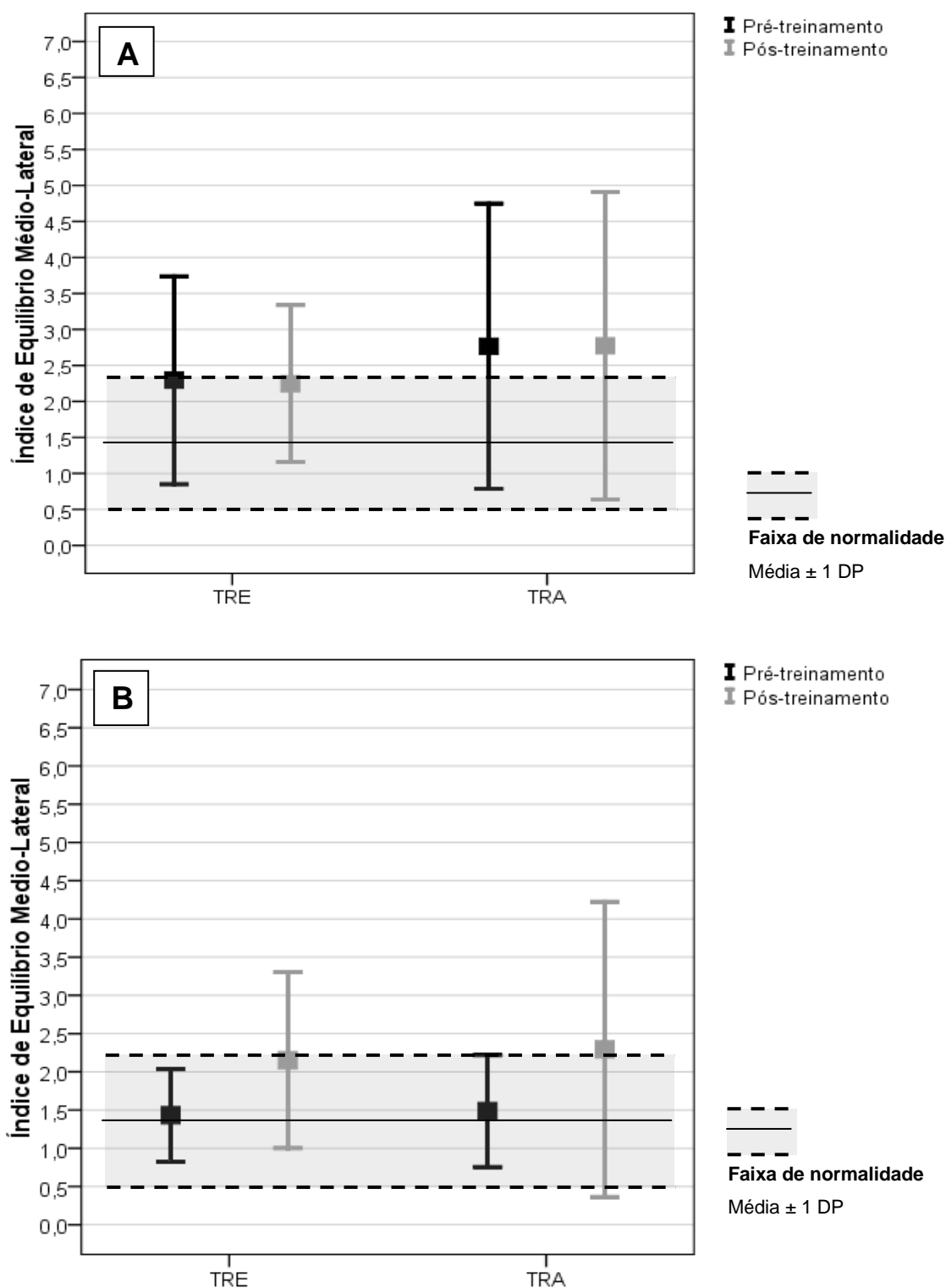
### 5.2.1. Equilíbrio dinâmico

Os valores dos índices de equilíbrio global e anteroposterior mensurados nos momentos pré e pós-treinamento estão ilustrados na Figura 6. Para ambos os índices (global e anteroposterior), a análise intergrupos demonstrou que não houve diferenças significantes entre as modalidades TRE e TRA ( $p=0,23$  e  $p=0,70$  respectivamente). Do mesmo modo, não foram encontradas diferenças significantes entre os momentos pré e pós-treinamento, para os grupos TRE e TRA ( $p=0,54$  e  $p=0,32$ , respectivamente).

Os valores do índice de equilíbrio mediolateral dos membros D e ND estão apresentados na Figura 7. No membro D não foram encontradas diferenças significantes ( $p=0,94$ ) entre os momentos pré e pós-treinamento. Do mesmo modo, os grupos TRE e TRA também não apresentaram diferenças significativas ( $p=0,33$ ). No entanto, para o membro ND foram encontradas diferenças significantes nos momentos pré e pós-treinamento, para ambos os grupos TRE e TRA ( $p<0,01$ ), indicando melhores índices de equilíbrio para o grupo TRE, demonstrado por uma menor discrepância nesse grupo. Na análise intergrupos não foram encontradas diferenças significantes entre os mesmos ( $p=0,82$ ).



**Figura 6.** Valores do Índice de Equilíbrio Global (A) e Anteroposterior (B) nos momentos pré e pós-treinamento, para os grupos com contração recíproca (TRE) e tradicional (TRA). As faixas de normalidade estão apresentadas como a média  $\pm$  desvio-padrão, baseando-se nos dados de referência da plataforma *Balance System*.



**Figura 7.** Valores do Índice de Equilíbrio Mediolateral do membro dominante (A) e não dominante (B) nos momentos pré e pós-treinamento, para os grupos com contração recíproca (TRE) e tradicional (TRA). As faixas de normalidade estão apresentadas como a média  $\pm$  desvio-padrão, baseando-se nos dados de referência da plataforma *Balance System*.

### 5.2.2. Salto unipodal em distância e circuito e oito “8”

Os dados referentes ao SUD e teste de agilidade (CR8) mensurados nos momentos pré e pós-treinamento estão ilustrados na Tabela 4. Em relação ao SUD, a comparação entre os grupos demonstrou que não houve diferença entre ambos ( $p=0,90$ ). No entanto, foram encontradas diferenças significantes entre os momentos pré e pós-treinamento, indicando que ambos os grupos TRE e TRA melhoraram o salto após o treinamento. Além disso, foi possível notar que o grupo TRE apresentou maiores ganhos percentuais quando comparado ao grupo TRA (Tabela 4).

Em relação ao tempo da CR8 a comparação intergrupos demonstrou uma diferença significativa entre os grupos TRE e TRA ( $p=0,03$ ) no momento pós-treinamento, indicando um melhor tempo na corrida para o grupo TRA. No entanto, não foram encontradas diferenças significantes entre os momentos pré e pós-treinamento, para ambos os grupos ( $p=0,74$ ).

**Tabela 4.** Valores do salto unipodal e circuito em formato de “8” nos momentos pré e pós-programa de TF, para os grupos recíproco (TRE) e tradicional (TRA). Os valores estão apresentados em média  $\pm$  desvio-padrão.

	Salto Unipodal (m)			Circuito em formato de “8” (seg)		
	Pré	Pós	$\Delta\%$	Pré	Pós	$\Delta\%$
<b>TRE</b>	1,50 $\pm$ 0,17	1,61 $\pm$ 0,15*	<b>7,3</b>	8,3 $\pm$ 0,6	8,5 $\pm$ 1,1	<b>2,4‡</b>
<b>TRA</b>	1,56 $\pm$ 0,22	1,58 $\pm$ 0,19*	<b>1,2</b>	8,1 $\pm$ 0,4	7,8 $\pm$ 0,4	<b>-3,7‡</b>

\*Diferenças significantes entre os momentos Pré X Pós-treinamento:  $p=0,00$ .  
‡ Diferença significativa entre os grupos TRE e TRA:  $p=0,03$ .  
 $\Delta\%$ : Variação percentual entre os momentos pré e pós-treinamento.

## CAPÍTULO V

### 6. DISCUSSÃO

O objetivo do presente estudo foi comparar os efeitos de 12 sessões do TF em condições isocinéticas, por meio do uso da pré-ativação dos músculos antagonista do joelho e comparar a uma modalidade tradicional (sem pré-ativação). Os resultados suportam parcialmente a hipótese proposta, considerando que o PT aumentou após o treinamento para os grupos TRE e TRA. O tempo até o pico de torque diminuiu no pós-treinamento, para ambos os grupos (TRE e TRA). Os valores apresentados no SUD foram maiores nos sujeitos submetidos ao TRE, mas ambos os grupos apresentaram ganhos significantes no pós-treinamento. Ainda, melhoras significantes foram encontradas no equilíbrio mediolateral do membro ND nos grupos TRE e TRA, porém, o equilíbrio global e anteroposterior não foram influenciados pelo TF. Contrariando parcialmente nossa hipótese o CR8, verificou-se que o TRA gerou melhores resultados pós-treinamento quando comparado ao TRE.

No presente estudo, 6 semanas de TF apresentaram aumentos no PT em ambas as modalidades. Além disso, foram encontradas diferenças significantes entre as modalidades de treinamento pós-treinamento. Vale salientar que o grupo submetido ao TRE apresentou maiores valores percentuais no PT (15,4%), enquanto o grupo TRA aumentou 9,4%. Tais resultados podem ser explicados por Roy, et al. (1990), os quais sugerem que o maior PT encontrado no grupo TRE pode ter ocorrido com base na ativação muscular antagonista, que proporcionou estímulos facilitários dos órgãos tendinoso de Golgi dos flexores e dos fusos musculares dos extensores do joelho. Nossos achados também corroboram estudo prévio (Guilhem, et al. 2013), que demonstrou diferenças significantes ao comparar um grupo sem pré-ativação com um grupo utilizando a pré-ativação antagonista. Entretanto, os resultados do estudo de Guilhem, et al. (2013) contrastam com os nossos, na medida em que apenas o grupo TRA apresentou ganhos significantes no pós-treinamento.

Em relação ao tempo até o pico de torque ( $TEMP_{torque}$ ), foram encontradas diferenças significantes entre os grupos TRA e TRE pós-treinamento. Em um estudo prévio (Cunha, et al. 2013), os autores demonstraram que apenas o grupo TRE atingiu o PT significativamente mais rápido, com uma diminuição no  $TEMP_{torque}$  de 21,8%. Nossos resultados apresentaram significância em ambos os grupos pós-



treinamento, demonstrando que o treinamento sem pré-ativação antagonista também pode diminuir o tempo necessário para se atingir o PT. Entretanto, a estratégia da pré-ativação antagonista proporcionou melhores valores percentuais, uma vez que nossos resultados demonstraram uma diminuição de 15,5% enquanto o grupo TRA apresentou uma diminuição de 2,2%. Nossos resultados suportam a ideia de Widrick, et al. (2002), os quais afirmam que as adaptações advindas após o TF são complexas pois envolvem mecanismos neurais e periféricos. Com a utilização da pré-ativação antagonista, é possível supor que houve um pré-alongamento dos músculos extensores do joelho durante o movimento de flexão, que pode ter sido responsável pela melhora do tempo até chegar o PT ( $TEMP_{torque}$ ).

Os resultados referentes à plataforma de equilíbrio não demonstraram ganhos significantes no equilíbrio global e anteroposterior, corroborando com o estudo de Heitkamp, et al. (2001). No entanto, os grupos TRE e TRA aproximaram-se dos índices recomendados da plataforma *Balance System* para o equilíbrio global. No equilíbrio anteroposterior, ambos os grupos começaram com os índices recomendados, entretanto, após a intervenção somente o grupo TRE continuou na faixa de normalidade. Ao que parece, o formato tradicional não é interessante quando o foco é equilibrar a musculatura anteroposterior do joelho, uma vez que somente o grupamento muscular anterior foi treinado. Tais resultados corroboram estudo prévio (Wikstrom, et al. 2006) que recomenda o treinamento dos músculos anteriores e posteriores com a mesma intensidade para obter um melhor equilíbrio na articulação do joelho.

Mark, et al. (2004) verificaram o efeito de 6 semanas do TF e de um treinamento neuromuscular e, assim como nosso estudo, as avaliações do equilíbrio foram realizadas pelo teste ASL, nível 4. Os resultados demonstraram efeitos significantes da intervenção no equilíbrio global e anteroposterior, contrariando os achados do presente estudo. Talvez essa discrepância se deva ao fato de não termos ajustado o volume do treinamento, uma vez que no estudo de Mark, et al. (2004) houve uma periodização, sendo que na medida em que os avaliadores percebessem a evolução dos voluntários, a sobrecarga do treinamento era ajustada. Ainda no estudo Mark, et al. (2004) o treinamento foi composto por exercícios para grupos musculares do quadril, pelve e tronco. Por outro lado, no presente estudo o foco foi apenas a musculatura agonista e antagonista do joelho. Tal fato impõe uma limitação na comparação dos resultados.

Heitkamp, et al. (2001) adotaram 2 séries de 5 repetições a 80% de uma repetição máxima com o mesmo tempo de intervenção do presente estudo (12 sessões). No entanto, foram usados aparelhos isoinerciais (*leg press* e mesa flexora). Os autores demonstraram que não houve efeitos significantes no equilíbrio dinâmico, corroborando o presente estudo. Ainda no estudo de Heitkamp, et al. (2001), não foi realizado ajuste na carga dos exercícios. Ao que parece, um aumento do volume do treinamento ou aumento do tempo de intervenção poderia gerar influências positivas nos índices de equilíbrio, uma vez que os resultados do grupo TRE demonstraram indicativos para um melhor equilíbrio na direção anteroposterior, em acordo com estudo prévio (Mark, et al. 2004).

Os resultados relativos ao equilíbrio mediolateral também não demonstraram ganhos significantes após o TF no membro dominante, corroborando estudo prévio (Mark, et al. 2004).

Entretanto, resultados significantes foram encontrados para o membro não dominante em ambos os grupos no pós-treinamento, o que não era esperado. Curiosamente, os resultados do membro não dominante foram melhores para o TRE, considerando-se que os valores se aproximaram dos índices recomendados. No estudo de Mark, et al. (2004) não foram verificados resultados significantes no equilíbrio mediolateral e não houve diferença significativa entre os membros (D e ND), contrariando nossos resultados. É possível supor que essas diferenças se devem a variações metodológicas, uma vez que Mark, et al. (2004), treinaram mais grupamentos musculares. De acordo com Tessitore, et al. (2011) existem diferenças na coordenação de membros contralaterais, as quais podem ser influenciadas pelo treinamento. Neste caso, podemos supor que diferenças na coordenação entre o membro inferior dominante e não dominante da nossa amostra podem ter sido influenciadas pelo treinamento de modo diferenciado.

Em relação ao SUD, os grupos TRE e TRA apresentaram aumentos significantes de 7,3% e 1,2% respectivamente. Fitzgerald, et al. (2001), demonstraram que o SUD é comumente usado como representação do desempenho físico e muito utilizado clinicamente para mensurar o equilíbrio dinâmico. Por sua vez, Sekiya, et al. (1998) afirmam que o SUD pode fornecer dados qualitativos a respeito da força muscular do quadríceps e isquiotibiais. No entanto, ainda existe discordância na literatura a respeito de qual grupamento muscular está mais envolvido nas atividades funcionais. Li, et al. (1996),

demonstraram uma correlação da força dos isquiotibiais durante atividades funcionais envolvendo a articulação do joelho, por outro lado, outros estudos (Itoh, et al. 1998; Pasanen, et al. 2009), encontraram correlação somente com a musculatura do quadríceps. Nossos resultados corroboram Sekiya, et al. (1998), uma vez que foram observadas melhora na distância do salto nos grupos TRA e TRE. Tais efeitos demonstram uma transferência dos ganhos adquiridos no TF para atividades funcionais, com indícios de maior eficácia para a modalidade TRE, mesmo apesar da ausência de diferença em relação ao grupo TRA. Ao que parece, o fortalecimento dos músculos agonistas e antagonistas proporcionam melhores resultados em exercícios funcionais como o salto (Wikstrom, et al. 2006).

Os resultados referentes à CR8 não demonstraram efeitos significantes após o treinamento nos grupos TRE e TRA. Entretanto, verificamos diferenças significantes entre os grupos no momento pós-treinamento. Pasanen, et al. (2009), investigaram 6 meses de um programa de aquecimento neuromuscular incluindo técnica de corrida, equilíbrio, saltos e exercícios de fortalecimento muscular em jogadores de futebol. Os autores demonstraram efeitos significantes na CR8, o que vai de encontro aos resultados do grupo TRA (diminuição de 2,4% do tempo de corrida), enquanto o grupo TRE apresentou um aumento de 3,7%. Nesse sentido, o treinamento tradicional gerou uma melhor resposta do que o treinamento recíproco, corroborando com os achados de Maynard e Ebben (2003) os quais demonstraram que a pré-ativação dos músculos flexores do joelho gerou efeitos agudos deletérios no grupamento agonista (quadríceps). Nesse sentido, é possível supor que o desempenho da corrida no grupo TRE tenha sido inferior ao grupo TRA devido ao aumento da força muscular do grupamento flexor no pós-treinamento.

O presente estudo apresenta algumas limitações. Inicialmente, é possível supor que um tempo maior de treinamento, com mais de 6 semanas, poderia favorecer as respostas proprioceptivas, tendo em vista maiores níveis de força muscular advindos de treinamentos com 8 semanas ou mais. A característica do treinamento, com foco apenas em uma articulação (joelho) também pode ter limitado as interpretações e os achados, na medida em que a propriocepção e a função musculoesquelética dependem da interação entre diferentes cadeias cinemáticas. Nesse caso, sugere-se que futuros estudos considerem o modelo de ações recíprocas em protocolos de treinamento com maior duração e com exercícios que contemplem mais grupos musculares, principalmente das articulações do tornozelo,

joelho e quadril.

## **CAPÍTULO VI**

### **7. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Os resultados do presente estudo demonstraram que doze sessões de treinamento de força realizadas no dinamômetro isocinético aumento da força muscular, mensurado pelo pico de torque e tempo até atingir o pico de torque, nos dois grupos, após o treinamento.

Em relação ao desempenho funcional, o presente estudo demonstrou que o treinamento de força gerou transferências para o equilíbrio e para testes funcionais. O treinamento realizado na modalidade com contrações recíprocas apresentou melhores indicativos para o desempenho do salto unipodal em distância e equilíbrio mediolateral da articulação joelho. No entanto, a modalidade sem pré-ativação apresentou melhores indicativos no desempenho da corrida.

## 8. REFERÊNCIAS

- ACMS (2007). "Diretrizes do ACMS (American College of Sports Medicine) para os teste de esforço e sua prescrição."
- Alessandro, R. L., Silveira, E. A. P. et al. (2005). "Análise da associação entre a dinamometria isocinética da articulação do joelho e o salto horizontal unipodal, hop test, em atletas de voleibol." Revista Brasileira de Medicina do Esporte**11**.
- Augustsson, J., Thomee, R. et al. (2003). "Effect of pre-exhaustion exercise on lower-extremity muscle activation during a leg press exercise".Journal of strength and conditioning research/National Strength & Conditioning Association**17**(2): 411-416.
- Baker, D. and Newton R. U. (2005). "Acute effect on power output of alternating an agonist and antagonist muscle exercise during complex training." Journal of strength and conditioning research/National Strength & Conditioning Association **19**(1): 202-205.
- Baratta, R., Solomonow M. et al. (1988). "Muscular coactivation. The role of the antagonist musculature in maintaining knee stability." The American journal of sports medicine**16**(2): 113-122.
- Barroso, R., Tricoli V. et al. (2005). "Adaptações neurais e morfológicas ao treinamento de força com ações excêntricas." Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano: 111-122
- Bellezza, P. A., Hall, E. E. et al. (2009). "The influence of exercise order on blood lactate, perceptual, and affective responses." Journal of strength and conditioning research/National Strength & Conditioning Association **23**(1): 203-208.
- Bohannon, R. W. (1985). "Knee extension torque during repeated knee extension-flexion reversals and separated knee extension-flexion dyads." Journal of Physical Therapy **65**(7): 1052-1054.
- Bohannon, R. W., Gibson, D. F. et al. (1986). "Effect of resisted knee flexion on knee extension torque." Physical review letters **66**(8): 1239-1241.
- Bottaro, M., Ernesto, C. et al. (2010). "Effects of age and rest interval on strength recovery." International journal of sports medicine**31**(1): 22-25.

- Bottaro, M., Machado, S. N. et al. (2007). "Effect of high versus low-velocity resistance training on muscular fitness and functional performance in older men." European Journal of Applied Physiology **99**(3): 257-264.
- Carregaro, R. L., Gentil, P. et al. (2011). "Effects of antagonist pre-load on knee extensor isokinetic muscle performance." Journal of Sports Sciences **29**(3): 271-278
- Cunha, R., Carregaro, R. L. et al. (2013). "Effects of short-term isokinetic training with reciprocal knee extensors agonist and antagonist muscle actions: A controlled and randomized trial." Revista Brasileira de Fisioterapia **17**(2): 137-145.
- Felicissimo, C. T., Dantas, J. L., et al. (2012). "Respostas neuromusculares dos membros inferiores durante protocolo intermitente de saltos verticais em voleibolistas." Motriz: Revista de Educação Física. **18**(1)153-164.
- Fitzgerald, G. K., Lephart, S. M. et al. (2001). "Hop tests as predictors of dynamic knee stability." The Journal of orthopaedic and sports physical therapy **31**(10): 588-597.
- Fleck, S. J. and Kraeme W. J. (2004). Designing resistance training programs. 4ed. Chapaing: Human Kinetics.
- Fleck, S. J. and Kraemer, W. J. (2006). Fundamentos do treinamento de força muscular. 3 ed Porto Alegre, ARTMED.
- Fonseca, S. T., Magee, D. et al. (1992). "Validation of a performance test for outcome evaluation of knee function." Clinical Journal of sport medicine **2**(4):251-256.
- Garber, C. E., Blissmer, B. et al. (2011). "American College of Sports Medicine position stand. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise." Medicine and science in sports and exercise **43**(7): 1334-1359.
- Gentil, P. (2005). Bases científicas do treinamento de hipertrofia. Rio De Janeiro, SPRINT.
- Gentil, P., Oliveira, E. et al. (2007). "Effects of exercise order on upper-body muscle activation and exercise performance." Journal of strength and conditioning research/National Strength & Conditioning Association **21**(4): 1082-1086.

- Guedes, J. D. P., Souza, J. T. P. et al. (2008). Treinamento personalizado em musculação. São Paulo, Phorte.
- Guilhem, G., Cornu C. et al. (2012). "A methodologic approach for normalizing angular work and velocity during isotonic and isokinetic eccentric training." Journal of Athletic Training **47**(2): 125-129.
- Guilhem, G., Cornu, C. et al. (2013). "Neuromuscular adaptations to isoload versus isokinetic eccentric resistance training." Medicine and science in sports and exercise **45**(2): 326-335.
- Hakkinen, K. (1993). "Changes in physical fitness profile in female volleyball players during the competitive season." Journal of Sports Medicine and Physical Fitness **33**(3):223-232.
- Hakkinen, K. and A. Hakkinen (1995). "Neuromuscular adaptations during intensive strength training in middle-aged and elderly males and females." Electromyography and clinical neurophysiology **35**(3):137-147.
- Heitkamp, H. C., Horstmann, T. et al. (2001). "Gain in strength and muscular balance after balance training." International Journal of Sports Medicine **22**(4): 285-290.
- Hunter, G. R., McCarthy, J. P. et al. (2004). "Effects of resistance training on older adults." Sports Medicine **34**(5): 329-348.
- Itoh, H., Kurosaka, M. et al. (1998). "Evaluation of functional deficits determined by four different hop tests in patients with anterior cruciate ligament deficiency." Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc **6**(4): 241-245.
- Jeon, H. S., Trimble M. H. et al. (2001). "Facilitation of quadriceps activation following a concentrically controlled knee flexion movement: the influence of transition rate." The Journal of Orthopaedic and Sports Discussion **31**(3): 122-129.
- Kelleher, A. R., Hackney, K. J. et al. (2010). "The metabolic costs of reciprocal supersets vs. traditional resistance exercise in young recreationally active adults." Journal of strength and conditioning research/National Strength & Conditioning Association **24**(4): 1043-1051.
- Kraemer, W. J., Hakkinen, K. et al. (1999). "Effects of heavy-resistance training on hormonal response patterns in younger vs. older men." Journal of Applied Physiology **87**(3): 982-992.



- Li, R. C., Maffulli, N. et al. (1996). "Isokinetic strength of the quadriceps and hamstrings and functional ability of anterior cruciate ligament deficient knees in recreational athletes." British Journal Sports Medicine **30**(2): 161-164.
- Macaluso, A. and De Vito G. (2004). "Muscle strength, power and adaptations to resistance training in older people." European journal of applied physiology **91**(4): 450-472.
- Magee, D. J. (2005). Avaliação musculoesquelética. 4 ed São Paulo, Manole.
- Mark, V., Paterno P. T. et al. (2004). "Neuromuscular Training Improves Single-Limb Stability in Young Female Athletes." The Journal of orthopaedic and sports physical therapy **34**(6): 305-316.
- Maynard, J. and Ebben, W. P. (2003). "The effects of antagonist pre-fatigue on agonist torque and electromyography." Journal of strength and conditioning research/National Strength & Conditioning Association **17**(3): 469-474.
- Miller, J. P., Croce, R. V. et al. (2000). "Reciprocal coactivation patterns of the medial and lateral quadriceps and hamstrings during slow, medium and high speed isokinetic movements." Journal of Electromyography & Kinesiology **10**(4): 233-239.
- Moritani, T. (1993). "Neuromuscular adaptations during the acquisition of muscle strength, power and motor tasks." Journal of biomechanics **26**(1): 95-107.
- Morriss, C. J., Tolfrey, K. et al. (2001). "Effects of short-term isokinetic training on standing long-jump performance in untrained men." Journal of strength and conditioning research/National Strength & Conditioning Association **15**(4): 498-502.
- Morrissey, M. C., Harman, E. A. et al. (1998). "Early phase differential effects of slow and fast barbell squat training." The American journal of sports medicine **26**(2): 221-230.
- Nelson, M. E., Fiatarone, M. A. et al. (1994). "Effects of high-intensity strength training on multiple risk factors for osteoporotic fractures. A randomized controlled trial." The journal of the American Medical Association **272**(24): 1909-1914.
- Oliveira, A. S., Caputo, F. et al. (2013). "Isokinetic eccentric resistance training prevents loss in mechanical muscle function after running." European Journal of Applied Physiology **113**(9): 2301-2311

- Pasanen, K., Parkkari, J. et al. (2009). "Effect of a neuromuscular warm-up programme on muscle power, balance, speed and agility: a randomised controlled study." British Journal of Sports Medicine **43**(13): 1073-1078.
- Polito, M. D., Cyrino, E. S. et al. (2010). "Efeito de 12 semanas de treinamento com pesos sobre a força muscular, composição corporal e triglicérides em homens sedentários." Revista Brasileira de Medicina do Esporte **16**. (1)
- Remaud, A., Cornu, C. et al. (2009). "Agonist muscle activity and antagonist muscle co-activity levels during standardized isotonic and isokinetic knee extensions." Journal of Electromyography & Kinesiology **19**(3): 449-458.
- Remple, M. S., Bruneau, R. M. et al. (2001). "Sensitivity of cortical movement representations to motor experience: evidence that skill learning but not strength training induces cortical reorganization." Behavioural brain research **123**(2): 133-141.
- Risberg, M., Moksnes, H. et al. (2009). "Rehabilitation after anterior cruciate ligament injury influence joint loading during walking but not hopping." British journal of sports medicine (43): 432-428.
- Robbins, D. W., Young, W. B. et al. (2010). "The effect of a complex agonist and antagonist resistance training protocol on volume load, power output, electromyographic responses, and efficiency." Journal of strength and conditioning research/National Strength & Conditioning Association **24**(7): 1782-1789.
- Rooney, K. J., Herbert, R. D. et al. (1994). "Fatigue contributes to the strength training stimulus." Medicine and science in sports and exercise **26**(9): 1160-1164.
- Roy, M. A., Sylvestre, M. et al. (1990). "Proprioceptive facilitation of muscle tension during unilateral and bilateral knee extension." International journal of sports medicine **11**(4): 289-292.
- Schulz, K. F., Altman, D. G. et al. (2010). "CONSORT statement: Updated guidelines for reporting parallel group randomised trials." Journal of pharmacology & pharmacotherapeutics **1**(2): 100-107.
- Sekiya, I., Muneta, T. et al. (1998). "Significance of the single-legged hop test to the anterior cruciate ligament-reconstructed knee in relation to muscle strength and anterior laxity." American Journal of Sports Medicine **26**(3): 384-388.
- Sforzo, G. A. and Touey P. R. (1996). "Manipulating exercise order affects muscular

- performance during a resistance exercise training session. "Jornal of strength and Conditioning Research **10**(1):20-24
- Stumbo, T. A., Merriam, S. et al. (2001). "The effect of hand-grip stabilization on isokinetic torque at the knee. "Journal of strength and conditioning research/National Strength & Conditioning Association **15**(3): 372-377.
- Tan, B. (1999). "Manipulating resistance training program variables to optimize maximum strength in men: a review. "Jornal os Streinght an Conditioning research **13**(3): 289-304
- Tessitore, A., Perroni, F. et al. (2011). "Coordination of soccer players during preseason training." Jornal os Streinght an Conditioning research **25**(11): 3059-3069.
- Touey, P. R., Sforzo, G. A. et al. (1994). "Effect of manipulating of rest periods on isokinetic muscle performance. "Medicine and science in sports and exercise **(26)**:170.
- Tricoli, V. A., Barbanti, V. J. et al. (1994). "Potência muscular em jogadores de basquetebol e voleibol." Revista Paulista de Educação Física **8**: 14-25.
- Widrick, J. J., Stelzer J. E. et al. (2002). "Functional properties of human muscle fibers after short-term resistance exercise training." American journal of physiology. Regulatory, integrative and comparative physiology **283**(2): 408-416.
- Wikstrom, E. A., Tillman M. D., et al. (2006). "Measurement and evaluation of dynamic joint stability of the knee and ankle after injury. "Sports Medicine **36**(5): 393-410.
- Wilson, G. J., Murphy, A. J. et al. (1996). "The specificity of strength training: the effect of posture." Journal of applied Physiology and Occupational Physiology. **73**(3-4): 346-352.
- Zatsiorsky, V. M. and Kraemer W. J. (2008). Ciência e prática do Treinamento de Força. São Paulo, Phorte.

**Termo de Consentimento Livre e Esclarecido - TCLE**

O (a) Senhor(a) está sendo convidado(a) a participar do projeto: “Efeitos do exercício resistido com pré-ativação dos músculos antagonistas no desempenho neuromuscular e funcional de indivíduos jovens”.

O objetivo desta pesquisa será comparar os efeitos de um programa de exercício resistido por meio de contrações recíprocas dos músculos agonistas e antagonistas do joelho com um método tradicional (sem pré-ativação dos músculos antagonistas).

O(a) senhor(a) receberá todos os esclarecimentos necessários antes e no decorrer da pesquisa e lhe asseguramos que seu nome não aparecerá sendo mantido o mais rigoroso sigilo através da omissão total de quaisquer informações que permitam identificá-lo(a)

Você participará por meio de uma entrevista e uma avaliação inicial, na qual será verificada a presença de assimetrias posturais e condição de saúde em geral. Após essa avaliação, você será instruído verbalmente sobre todos os procedimentos do estudo e convidado a participar. O procedimento será composto por uma avaliação física e postural; avaliação da ativação muscular por meio da eletromiografia de superfície; avaliação da força muscular no dinamômetro isocinético e avaliação do equilíbrio postural em uma plataforma de equilíbrio. O projeto será composto por um programa de treinamento com ER, com duração de 6 semanas, 2x/semana, totalizando 12 sessões de ER. Nós realizaremos um procedimento de aleatorização, na qual você poderá ser alocado para um de 3 grupos possíveis. Cada grupo será submetido a uma modalidade de ER, para fortalecimentos dos músculos do joelho (modalidades: tradicional, contração recíproca e supersérie). Após a aleatorização, organizaremos um cronograma e disponibilizaremos um cartão de agendamento para você recordar os dias de treinamento. Lembramos que os horários para realização da sessão serão agendados conforme sua disponibilidade e conveniência, mas seguindo condições como o intervalo de pelo menos 48 horas entre cada sessão. A duração total de cada sessão será de aproximadamente 30 minutos a 1 hora. Após o término do programa, você será novamente avaliado, para que possamos verificar os efeitos do ER na modalidade a qual você foi submetido. Em cada sessão, inicialmente, você deverá realizar um aquecimento leve em uma bicicleta ergométrica, de 5 a 10 minutos. Em seguida, será posicionado no dinamômetro isocinético, no qual realizará o ER. Sempre que tiver dúvidas, nós o instruiremos acerca dos requisitos (estabilização, posicionamento, cooperação, etc).

Ressalta-se que todos os equipamentos de medida utilizados (dinamômetro, eletromiógrafo e plataforma de equilíbrio) são protegidos contra descarga elétrica, não havendo riscos desta natureza. Após a calibragem dos equipamentos, você deverá realizar os movimentos requeridos pelo protocolo de exercício do joelho, sendo que os resultados poderão ser visualizados em uma tela de computador à sua frente.

A possibilidade de ocorrência de problemas ou danos físicos é desprezível. No entanto, se você se sentir cansado ou desconfortável, o teste será interrompido imediatamente. Informamos também que o(a) Senhor(a) pode se recusar a responder (ou participar de qualquer procedimento) qualquer questão que lhe traga constrangimento, podendo desistir de participar da pesquisa em qualquer momento

sem nenhum prejuízo para o(a) senhor(a). Sua participação é voluntária, isto é, não há pagamento por sua colaboração.

Os benefícios do presente projeto estarão relacionados com a melhora do equilíbrio, controle postural e capacidade contrátil muscular, por meio do fortalecimento dos músculos do joelho. Tal abordagem poderá ser aplicada no contexto da reabilitação e desempenho desportivo, inclusive na prevenção e diminuição do risco de lesões no joelho. Ainda, os resultados deste trabalho serão possivelmente publicados em uma revista científica. No entanto, ressaltamos que sua identidade será mantida em sigilo, e os dados serão guardados apenas pelo pesquisador responsável pelo projeto.

Se o(a) Senhor(a) tiver qualquer dúvida em relação à pesquisa, por favor telefone para: Dr. Rodrigo L. Carregaro, no Campus UnB Ceilândia, nos telefones: 3107-8416 ou 8119-7910, em horário comercial (das 08:00 as 12:00h e das 14:00 às 17:00h).

Este projeto foi Aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Ciências da Saúde da Universidade de Brasília. As dúvidas com relação à assinatura do TCLE ou os direitos do sujeito da pesquisa podem ser obtidos através do telefone: (61) 3107-1947.

Este documento foi elaborado em duas vias, uma ficará com o pesquisador responsável e a outra com o sujeito da pesquisa. Após a leitura, o pesquisador e você deverão rubricar a primeira página e assinar a última página.

---

Nome / assinatura

---

Pesquisador Responsável  
Nome e assinatura

Brasília, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

*Campus UnB Ceilândia*

### **ANEXO I - Avaliação física e postural**

Avaliador: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_ ID: \_\_\_\_\_

#### **1. IDENTIFICAÇÃO DO VOLUNTÁRIO**

1.1. Nome: \_\_\_\_\_

1.2. Nascimento: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_ 1.3. Idade: \_\_\_\_\_ 1.4. Sexo: ( ) F ( ) M

1.5. Dominância: D( ) E( )

1.6. Peso corporal (Kg): \_\_\_\_\_ 1.7. Altura: \_\_\_\_\_ 1.8. IMC: \_\_\_\_\_

#### **2. ANAMNESE**

2.1. Histórico do voluntário:

2.2. Histórico de trauma (últimos 6 meses): ( ) Não ( ) Sim.

Qual? \_\_\_\_\_

2.3. Fratura (últimos 6 meses): ( ) Não ( ) Sim

2.4. Lombalgia (últimos 6 meses): ( ) Não ( ) Sim

2.5. Antecedentes cirúrgicos: \_\_\_\_\_

2.6. Doenças cardiopulmonares: ( ) Não ( ) Sim.

Qual? \_\_\_\_\_

#### **3. HÁBITOS DE VIDA**

3.1 ( ) Tabagismo

Frequência: \_\_\_\_\_

3.2 ( ) Etilismo Frequência:

3.3 Atividade física?

3.3.1 Frequência da atividade física?

3.3.2 Tipo de atividade praticada?

3.3.3 Duração da atividade?

3.4 Já fez exercício resistido (musculação)? Não ( ) Sim ( )

#### 4. COMPLEMENTO/SUPLEMENTOS EM USO?

---

#### 5. TESTES ESPECIAIS

##### 5.1. QUADRIL:

5.1.1. Gaenslen: ( ) Positivo ( ) Negativo

##### 5.2. JOELHO:

5.2.1. Gaveta anterior: ( ) Positivo, ( ) Negativo

5.2.2. Gaveta posterior: ( ) Positivo, ( ) Negativo

5.2.3. Ligamento Colateral Lateral: ( ) Positivo, ( ) Negativo

5.2.4. Ligamento Colateral Medial: ( ) Positivo, ( ) Negativo

5.2.5. Copressão de Apley: ( ) Positivo, ( ) Negativo

5.2.6. Tração de Apley: ( ) Positivo, ( ) Negativo

5.2.7. Compressão da Patela: ( ) Positivo, ( ) Negativo

##### 5.3. TORNOZELO

5.3.1. Gaveta anterior: ( ) Positivo, ( ) Negativo

5.3.2. Gaveta posterior: ( ) Positivo, ( ) Negativo

5.3.3. Estabilidade Lateral (inversão): ( ) Positivo, ( ) Negativo

5.3.4. Estabilidade Medial (eversão): ( ) Positivo, ( ) Negativo

5.3.5. Thompson: ( ) Positivo, ( ) Negativo

#### 6. AVALIAÇÃO NEUROLÓGICA

6.1. Teste de Romberg: ( ) Positivo ( ) Negativo

#### 7. ÍNDICE DE ATIVIDADE FÍSICA

##### 7.1 IPAQ

Nível de atividade física							
	F	D	F	D	F	D	Classificação
1	-	-	-	-	-	-	Sedentário
2	4	20	1	30	-	-	Irregularmente ativo
3	3	30	-	-	-	-	Irregularmente ativo
4	3	20	3	20	1	30	Ativo
5	5	45	-	-	-	-	Ativo
6	3	30	3	30	3	20	Muito ativo
7	-	-	-	-	5	30	Muito ativo

D – duração / F- frequência

# 11.ANEXO III

## UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

### AVALIAÇÃO FUNCIONAL

Avaliador: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_ ID: \_\_\_\_\_

#### 1. Salto unipodal

	Data 1 (pré)		Data 2 (pós)	
	MID	MIE	MID	MIE
Dist. (cm) – tentativa 1				
Dist. (cm) – tentativa 2				
Dist. (cm) – tentativa 3				
Média das tentativas				

#### 2. Estrela. Avaliação data 1(pré-treinamento)

	Tentativa 1		Tentativa 2		Tentativa 3		Média	
	MID	MIE	MID	MIE	MID	MIE	MID	MIE
Anterior (cm)								
Posterior (cm)								
Medial (cm)								
Posteromedial (cm)								

#### Avaliação data 2 (pós-treinamento)

	Tentativa 1		Tentativa 2		Tentativa 3		Média	
	MID	MIE	MID	MIE	MID	MIE	MID	MIE
Anterior (cm)								
Posterior (cm)								
Medial (cm)								
Posteromedial (cm)								

#### 4. Circuito em forma de Oito “8”

	Data 1 (pré):	Data 2 (pós):
Tempo (s)		

#### 6. Medidas do balance (Athlete Single Leg Stability Testing):



## 12. APÊNDICE I (Artigo aceito para publicação)

Artigo aceito para publicação na Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano. Classificação B1 – Qualis/CAPES



### **Efeitos crônicos do treinamento de força com ações musculares recíprocas no desempenho funcional e proprioceptivo de indivíduos jovens: ensaio aleatório.**

#### **Resumo**

Estudos sugerem que benefícios do treinamento de força (TF) com pré-ativação da musculatura antagonista podem ser transferidos para atividades funcionais. No entanto, estudos crônicos utilizando a pré-ativação no desempenho neuromuscular e nas atividades funcionais são escassos. O estudo teve por objetivo comparar os efeitos de 12 sessões de TF com ações recíprocas e um modelo tradicional no desempenho funcional e proprioceptivo de indivíduos jovens. Quarenta e oito homens foram aleatorizados em 2 grupos: 1) treinamento recíproco (TRE, 3 séries; 10 repetições; flexão do joelho imediatamente seguida pela extensão do joelho); 2) treinamento tradicional (TRA, 3 séries; 10 repetições; extensão do joelho). As avaliações pré e pós foram caracterizadas por testes de equilíbrio, salto unipodal em distância (SUD) e corrida em formato de “8” (CR8). Aplicou-se uma ANOVA 2X2 de modelos mistos para analisar diferenças entre as condições pré e pós e entre os grupos. No equilíbrio global e anteroposterior, não foram encontradas diferenças significantes entre os grupos TRE e TRA ( $p > 0,05$ ). Do mesmo modo, não foram encontradas diferenças pós-treinamento. O equilíbrio mediolateral no membro dominante não demonstrou diferenças significantes pós-treinamento ( $p = 0,94$ ), mas o membro não dominante demonstrou diferença significativa entre os grupos ( $p < 0,01$ ). No SUD houve aumentos significantes pós-treinamento nos grupos ( $p < 0,01$ ), mas sem diferença entre ambos ( $p = 0,90$ ). A CR8 apresentou diferença entre grupos ( $p = 0,03$ ), com melhor tempo de corrida do TRA pós-treinamento. O TF gerou transferências para o equilíbrio e testes funcionais, e o treinamento com ações recíprocas apresentou melhores indicativos para o SUD e equilíbrio mediolateral do joelho.

**Palavras-chave:** Treinamento de força. Força muscular. Joelho. Desempenho funcional.

### Abstract

Studies suggest that benefits from strength training (ST) using antagonist muscles pre-activation may be transferred to functional activities. However, chronic studies using pre-activation through reciprocal actions on neuromuscular performance and functional activities are scarce. The study aimed to compare the effects of 12 sessions of ST using reciprocal muscle actions and a traditional mode in functional and proprioceptive performance in young individuals. Forty eight young subjects were randomized into two groups: 1) reciprocal training (RT, 3 sets; 10 repetitions; knee flexion immediately followed by knee extension), 2) traditional training (TRA, 3 sets. 10 repetitions; knee extension). Pre and post evaluations were characterized by balance tests, hop test (HT) and race with "8" format (RC8). An ANOVA 2X2 mixed model was applied to analyze differences between pre and post and between groups. For overall and anteroposterior balance, no significant differences were found between the RT and TRA ( $p>0.05$ ). Similarly, no post-training differences were found. The mediolateral balance in the dominant limb showed no significant differences post-training for both groups ( $p = 0.94$ ), but the non-dominant limb showed significant differences between groups ( $p<0.01$ ). In the HT significant increases post-training were found within groups ( $p<0.01$ ), but no difference between them were found ( $p=0.90$ ). The RC8 was different between groups ( $p=0.03$ ), indicating better running time for TRA in post-training. Strength training has generated transfers to balance and functional performance, and training with reciprocal muscle actions showed better indicatives for the HT and mediolateral balance of the knee.

**Key-words:** Strength training. Muscle strength. Knee. Functional performance.

### INTRODUÇÃO

O treinamento de força (TF) é considerado um dos meios mais eficazes para melhorar a capacidade funcional do sistema neuromuscular. Dentre seus efeitos específicos estão o aumento da força muscular, melhora do equilíbrio e coordenação motora<sup>1,2</sup>. Deste modo, verifica-se a importância da inserção do TF no contexto da saúde, desempenho humano e reabilitação da função musculoesquelética<sup>3</sup>.

Segundo Wikstrom et al.<sup>4</sup> o aumento da força muscular advindo do TF representa importante aplicação clínica, pois pode promover a estabilidade articular dinâmica e favorecer o desempenho. No entanto, para alcançar tais benefícios o TF deve ser realizado com a intenção de equilibrar a musculatura agonista/antagonista de uma articulação. Uma estratégia que tem sido pesquisada nos últimos anos envolve a pré-ativação da musculatura antagonista<sup>5-7</sup>. A pré-ativação pode ser realizada por uma contração prévia do grupamento muscular antagonista, seguida imediatamente pela contração do grupamento agonista<sup>8,9</sup>. No presente estudo, o

modelo de pré-ativação foi adotado em uma rotina de treinamento com contrações recíprocas (TRE). Estudos prévios demonstraram que os indivíduos que adotaram a pré-ativação obtiveram efeitos agudos positivos na geração de força muscular do grupamento agonista<sup>10</sup>, além de melhorar seu desempenho por meio da geração de níveis mais elevados de trabalho<sup>7</sup> e melhor eficiência<sup>11</sup>. Entretanto, tais achados foram advindos de estudos transversais ou estudos com treinamento de curta duração.

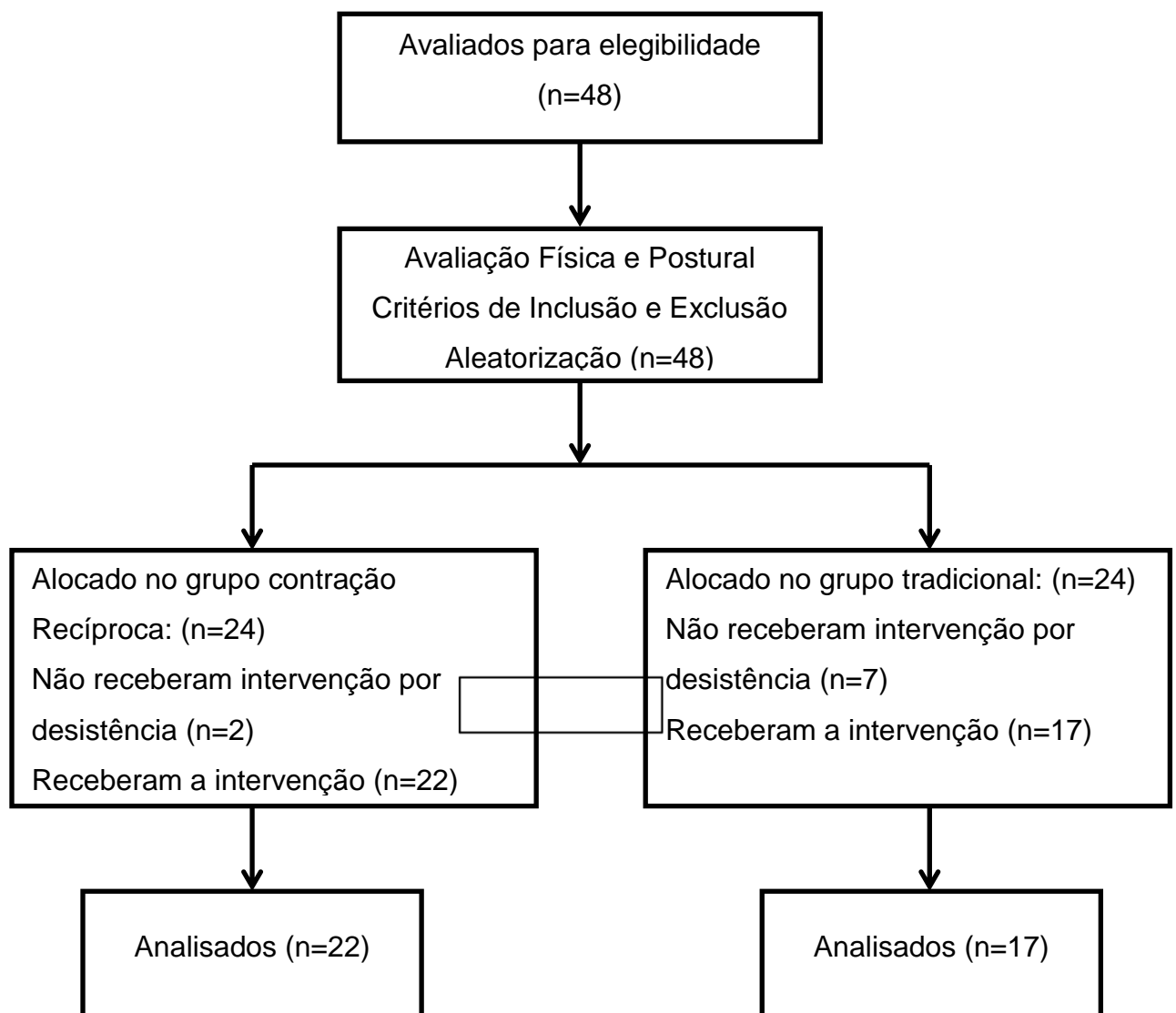
Segundo Zatsiorsky et al.<sup>12</sup> os efeitos do TF na função musculoesquelética podem ser explicados por uma transferência de ganhos, como demonstrado por Wilson et al.<sup>13</sup>. Nesse estudo, os autores demonstraram um ganho de 21% no teste de 1RM no exercício de agachamento, 21% no desempenho do salto vertical e 2% no desempenho da corrida, após 8 semanas de TF. Os achados mostram que os ganhos do TF para os membros inferiores podem gerar efeitos em outras modalidades de exercício, gestos esportivos e funcionais. Nesse sentido, o treinamento com a pré-ativação antagonista poderia gerar influências positivas relacionadas ao incremento da habilidade neuromuscular necessária para inúmeras atividades funcionais que requerem controle motor de músculos primários e estabilizadores<sup>14</sup>.

No entanto, há uma carência de estudos crônicos que investigaram os efeitos do TF com pré-ativação em variáveis neuromusculares e funcionais. Deste modo, o objetivo do presente estudo foi o de comparar os efeitos crônicos de 12 sessões de TRE com um modelo tradicional (TRA) sem pré-ativação do antagonista, no desempenho funcional e proprioceptivo de indivíduos jovens e saudáveis. Traça-se a hipótese de que o TRE apresentará uma maior magnitude de transferência dos seus efeitos para testes funcionais e proprioceptivos, quando comparado a um modelo de treino sem a pré-ativação (TRA).

## PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

### Tipo de estudo

Ensaio controlado e aleatório, com 6 semanas de duração. Os participantes foram alocados aleatoriamente a dois grupos de treinamento, como ilustrado na Figura 1.



**Figura 1.** Fluxograma c

## Participantes

Realizou-se um cálculo amostral (programa GPower versão 3.1.9) considerando-se um poder estatístico de 80%, valor  $\alpha$  de 5% e tamanho do efeito moderado, indicando uma amostra necessária de 26 sujeitos. No presente estudo, foram incluídos 48 jovens saudáveis do sexo masculino (idade média de  $20,9 \pm 2,2$  anos; altura de  $1,8 \pm 0,1$  m; massa de  $75,0 \pm 8,2$  kg). A caracterização da amostra encontra-se na Tabela 1. O recrutamento dos voluntários foi realizado no Campus Universitário, por meio de contatos verbais e cartazes. Em seguida foi realizada a avaliação física e postural e aplicação dos critérios de inclusão e exclusão.

Os critérios de inclusão foram: sexo masculino, idade entre 18 e 25 anos, não ter participado de nenhum TF nos últimos 6 meses precedentes ao início do experimento e ter disponibilidade para treinar durante 6 semanas. Foram excluídos os sujeitos que apresentassem qualquer tipo de comprometimento cardiorrespiratório, qualquer tipo de doença metabólica, lesão osteomioarticular da coluna vertebral, lesão ligamentar do tornozelo e/ou joelho, doença ou sinal de déficit neurológico e/ou proprioceptivo e que faltaram duas ou mais vezes ao treinamento. Todos os voluntários foram esclarecidos sobre os objetivos e procedimentos da pesquisa e foram convidados a participar assinando um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, devidamente aprovado pelo comitê institucional de ética em pesquisa (protocolo n. 112/12).

Os participantes foram alocados aleatoriamente para um dos seguintes grupos: 1) treinamento recíproco (TRE,  $n = 24$ ) ou 2) treinamento tradicional (TRA,  $n = 24$ ). Para o processo de aleatorização, foram utilizados envelopes opacos e lacrados contendo o nome dos grupos de intervenção. Os sujeitos deram entrada sequencial no estudo, sendo atribuído um envelope com o grupo de intervenção do qual faria parte. Um pesquisador que não tinha conhecimento dos propósitos da pesquisa foi o responsável pelo processo.

**Tabela 1.** Características dos participantes do estudo, divididos por grupo de treinamento.

Variáveis	Grupos		p-valor
	TRE (n = 22)	TRA (n = 17)	
Idade (anos)	20,1 ± 1,9	20,2 ± 2,3	0,6
Altura (m)	1,7 ± 0,1	1,8 ± 0,1	0,7
Massa (kg)	72,2 ± 10,2	71,9 ± 8,0	0,3
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	23,5 ± 3,3	22,9 ± 2,6	0,5
TRE: Recíproco, TRA: Tradicional, IMC: índice de massa corporal			

#### Descrição do Protocolo de Treinamento

Os sujeitos compareceram ao laboratório durante 6 semanas, com frequência de 2 vezes/semana (intervalo de pelo menos 48 horas), totalizando 12 sessões de treinamento no dinamômetro isocinético. As sessões de ambos os grupos (TRE e TRA) foram caracterizadas por 3 séries de 10 repetições isocinéticas concêntricas máximas a 60°.s<sup>-1</sup>, com intervalo de um minuto entre séries<sup>15,16</sup>, como descritos a seguir: 1) grupo treinamento recíproco (TRE, exercício concêntrico recíproco dos músculos agonistas e antagonistas do joelho, caracterizado pelo movimento de flexão do joelho imediatamente seguido pela sua extensão, em cada repetição), 2) grupo treinamento tradicional (TRA, realização apenas do exercício concêntrico dos extensores de joelho, com a flexão do joelho realizada de modo passivo).

O treinamento foi realizado no dinamômetro Biodex System 4 (*Biodex Medical Systems, Shirley, New York, USA*). A calibração foi realizada de acordo com as especificações do manual do fabricante. Os sujeitos foram posicionados na cadeira, com a possibilidade de um movimento livre e confortável de flexão e extensão do joelho. A extensão do joelho definida como 0° e flexão a 90°, utilizando uma amplitude de movimento de flexo-extensão de 80° (excursão desde os 90° de flexão até 10°). O epicôndilo lateral do fêmur foi usado como ponto de referência do eixo de rotação do joelho ao ser alinhado com o eixo de rotação do aparelho. O posicionamento dos sujeitos foi anotado e replicado nos diferentes dias de treino (altura da cadeira, profundidade da cadeira, posição da cadeira no trilho, braço do dinamômetro e posição do dinamômetro)

## Procedimentos de avaliação

Os participantes foram submetidos a avaliações funcionais de desempenho motor e equilíbrio postural, realizadas em três visitas ao laboratório. No primeiro momento realizou-se uma familiarização de todos os testes e, após 48 horas, foi realizada a primeira avaliação, denominada como avaliação pré-treinamento. Após 48 horas da última sessão de treinamento foi realizada a avaliação pós-treinamento (Figura 1).

Inicialmente, aplicou-se o teste *Athlete Single LegStabilityTesting* (ASL) na plataforma de equilíbrio. O ASL foi realizado em condição de instabilidade (nível 4), caracterizado por 2 séries de 20 segundos para ambos os membros inferiores (dominante e não-dominante). A posição adotada foi com a perna de apoio semi-flexionada e a contralateral com o joelho flexionado a 90°, com braços cruzados e mãos apoiadas nos ombros<sup>17</sup>. Para o presente estudo, foi utilizada a plataforma de equilíbrio *Balance System*(*Biodex Medical Systems, Shirley, New York, USA*). A calibração foi realizada de acordo com as especificações do manual do fabricante.

Após um período de cinco minutos, aplicou-se o teste de Salto Unipodal em Distância (SUD), no qual os sujeitos foram instruídos a permanecer em pé sobre um só membro, com o joelho contralateral flexionado a 90° e as mãos apoiadas no quadril. Após o comando verbal, os sujeitos foram orientados a saltar a maior distância possível. O teste foi realizado três vezes, bilateralmente, com intervalo de um minuto entre cada salto. A média dos valores foi considerada para análise seguindo as recomendações de Magee et al.<sup>18</sup>

Após cinco minutos de intervalo, foi realizado um teste de agilidade, caracterizado pela corrida em um circuito em formato de oito “8” com dez metros de distância e quatro metros de largura<sup>18</sup>. Os sujeitos foram orientados a realizar a corrida com a maior velocidade possível. O teste foi realizado uma única vez e o tempo gasto em segundos foi considerado para análise.

## Análise dos dados

Para a análise dos dados foi utilizado o programa SPSS (*Statistical Package for Social Sciences*) versão 21.0. A variável independente foi o grupo de treinamento (TRA e TRE). As variáveis dependentes foram: Índice de Equilíbrio Unipodal (ASL); Tempo no teste de agilidade (corrida em “8”, em segundos) e distância no SUD (em metros). Aplicou-se o teste de Kolmogorov-Smirnov para verificar a normalidade dos

dados. Como as suposições de normalidade foram atendidas, testes paramétricos foram utilizados.

Inicialmente, foi aplicado o teste t de *student* para amostras independentes, com o intuito de comparar as características da amostra entre os grupos TRE e TRA (Tabela 1). Por meio de um teste t de *student* para amostras pareadas, os valores dos membros dominante (D) e não dominante (ND) nos testes de equilíbrio e salto foram comparados. Tal análise indicou que apenas o índice de equilíbrio mediolateral apresentou diferenças entre os membros D e ND, em ambos os grupos. Por fim, aplicou-se uma Análise de Variância (ANOVA) 2X2 de modelos mistos, com o intuito de verificar diferenças entre as condições pré e pós-treinamento e os dois grupos de treinamento. A significância adotada foi de 5% ( $p < 0,05$ ).

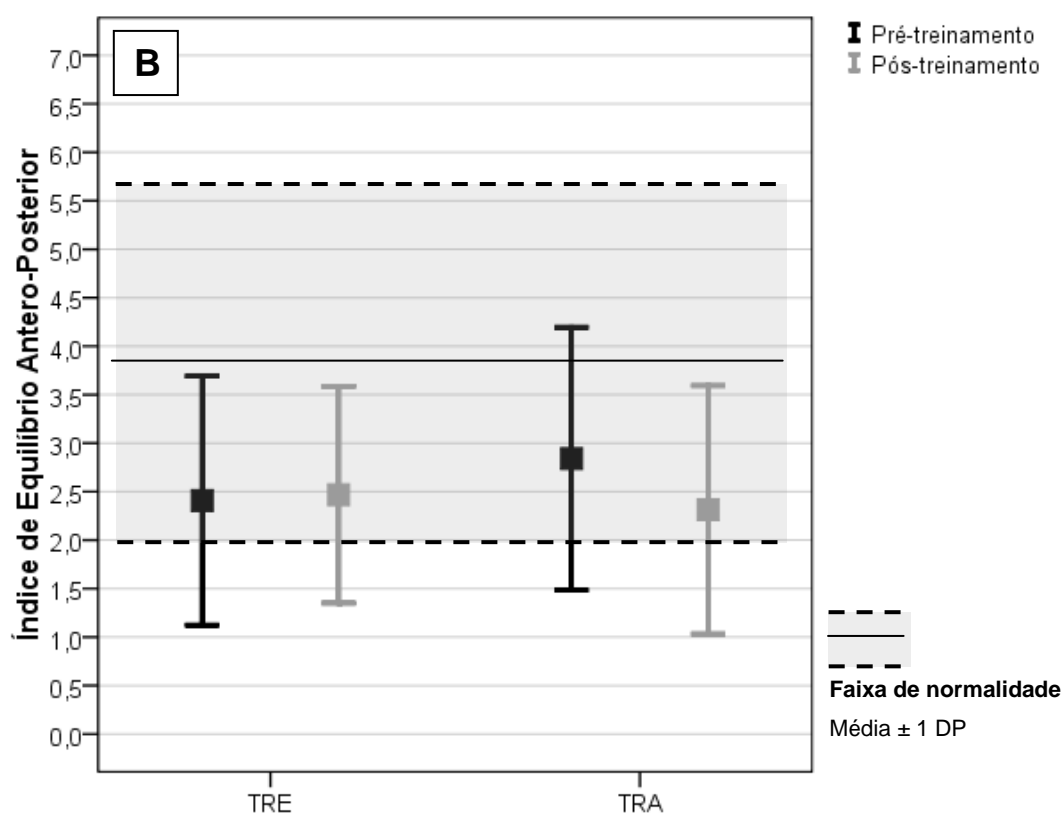
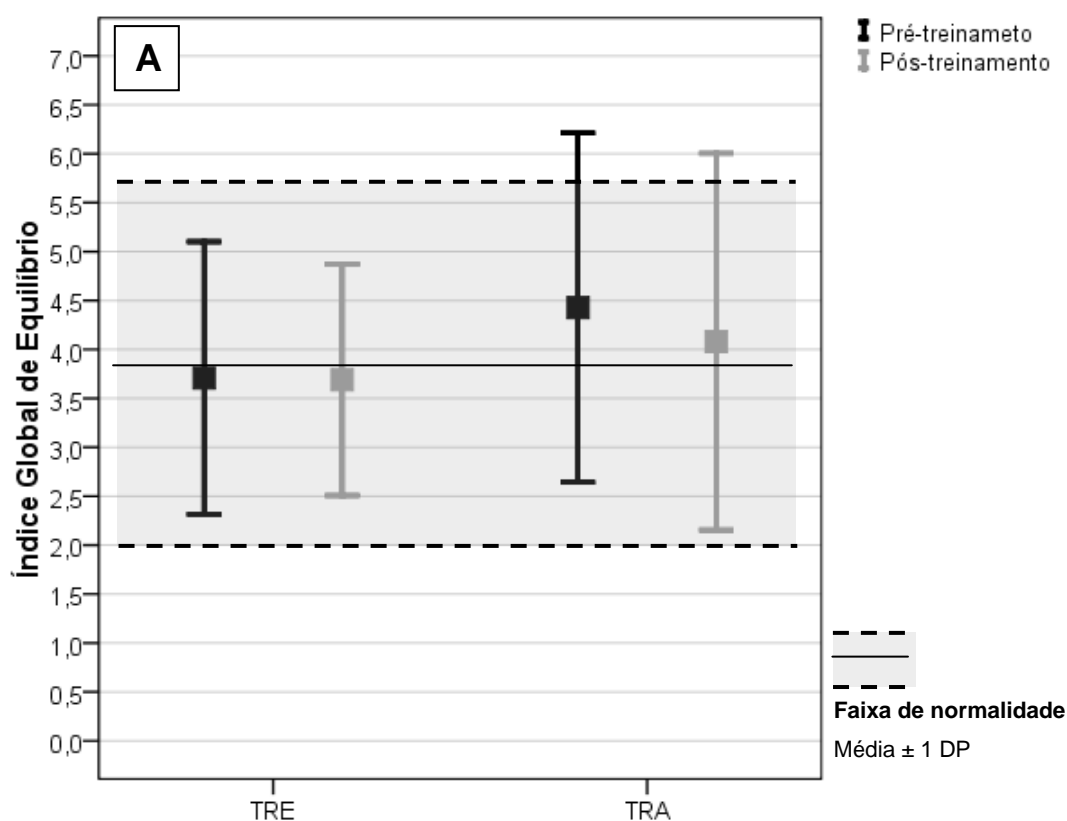
## RESULTADOS

Um total de 48 sujeitos foram avaliados para elegibilidade e inclusos no presente estudo. No entanto, durante o período de treinamento, dois sujeitos alocados no grupo TRE e sete sujeitos alocados no grupo TRA desistiram do estudo. Todos os 39 sujeitos remanescentes receberam as intervenções as quais lhes foram originalmente atribuídas e foram incluídos nas análises subsequentes (Tabela 1).

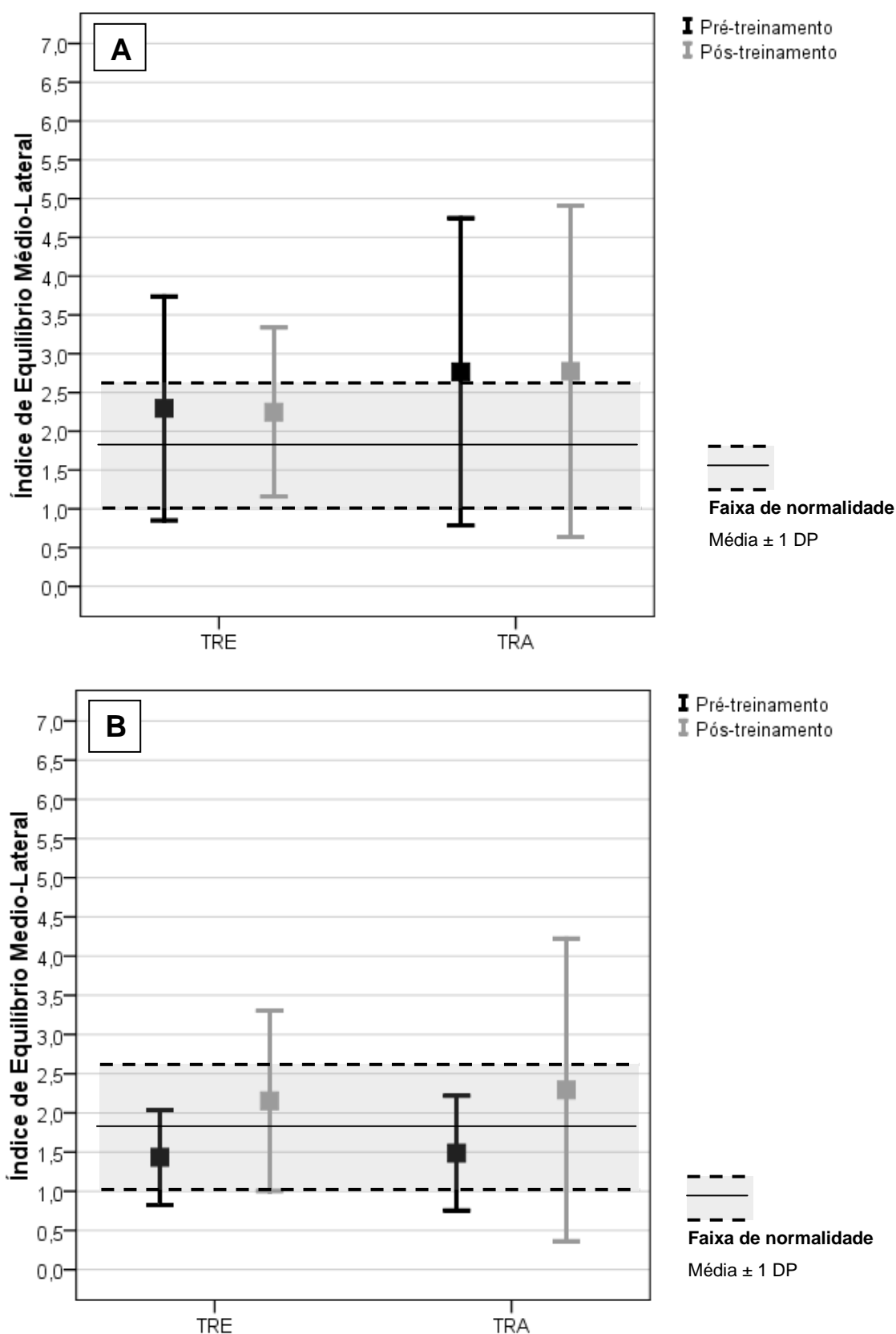
Os valores dos índices de equilíbrio global e anteroposterior mensurados nos momentos pré e pós-treinamento estão ilustrados na Figura 2. Para ambos os índices (global e anteroposterior), a análise intergrupos demonstrou que não houve diferenças significantes entre as modalidades TRE e TRA ( $p=0,23$  e  $p=0,70$  respectivamente). Do mesmo modo, não foram encontradas diferenças significantes entre os momentos pré e pós-treinamento, para os grupos TRE e TRA ( $p=0,54$  e  $p=0,32$ , respectivamente).

Os valores do índice de equilíbrio mediolateral dos membros D e ND estão apresentados na Figura 3. No membro D não foram encontradas diferenças significantes ( $p=0,94$ ) entre os momentos pré e pós-treinamento. Do mesmo modo, os grupos TRE e TRA também não apresentaram diferenças significativas ( $p=0,33$ ). No entanto, para o membro ND foram encontradas diferenças significantes nos momentos pré e pós-treinamento, para ambos os grupos TRE e TRA ( $p < 0,01$ ), indicando melhores índices de equilíbrio para o grupo TRE. Na análise intergrupos não foram encontradas diferenças significantes entre os mesmos ( $p=0,82$ ).





**Figura 2.** Valores do Índice de Equilíbrio Global (A) e Anteroposterior (B) nos momentos pré e pós-treinamento, para os grupos com contração recíproca (TRE) e tradicional (TRA). As faixas de normalidade estão apresentadas como a média  $\pm$  desvio-padrão, baseando-se nos dados de referência da plataforma *Balance System*.



**Figura 3.** Valores do Índice de Equilíbrio Mediolateral do membro dominante (A) e não dominante (B) nos momentos pré e pós-treinamento, para os grupos com contração recíproca (TRE) e tradicional (TRA). As faixas de normalidade estão apresentadas como a média  $\pm$  desvio-padrão, baseando-se nos dados de referência da plataforma *Balance System*.

Os dados referentes ao SUD e teste de agilidade (Corrida em “8”) estão ilustrados na Tabela 2. Em relação ao SUD, a comparação entre grupos não demonstrou diferenças ( $p=0,90$ ). No entanto, foram encontradas diferenças significantes entre os momentos pré e pós-treinamento, indicando que ambos o TRE e TRA melhoraram o salto após o treinamento. Foi possível notar que o grupo TRE apresentou maiores ganhos percentuais quando comparado ao TRA (Tabela 2).

Em relação ao tempo da corrida em “8”, a comparação intergrupos demonstrou uma diferença significativa entre os grupos TRE e TRA ( $p=0,03$ ) no pós-treinamento, indicando melhor tempo na corrida para o TRA. No entanto, não foram encontradas diferenças significantes entre os momentos pré e pós-treinamento, para ambos os grupos ( $p=0,74$ ).

**Tabela 2.** Valores do salto unipodal e circuito em formato de “8” nos momentos pré e pós-programa de TF, para os grupos recíproco (TRE) e tradicional (TRA). Os valores estão apresentados em média  $\pm$  desvio-padrão.

	Salto Unipodal (m)			Circuito em formato de “8” (seg)		
	Pré	Pós	$\Delta\%$	Pré	Pós	$\Delta\%$
<b>TRE</b>	1,50 $\pm$ 0,17	1,61 $\pm$ 0,15*	<b>7,3</b>	8,3 $\pm$ 0,6	8,5 $\pm$ 1,1	<b>2,4‡</b>
<b>TRA</b>	1,56 $\pm$ 0,22	1,58 $\pm$ 0,19*	<b>1,2</b>	8,1 $\pm$ 0,4	7,8 $\pm$ 0,4	<b>-3,7‡</b>

TRE: Recíproco, TRA: Tradicional.  
Diferenças significantes entre os momentos Pré X Pós-treinamento: \* $p=0,00$ .  
Diferença significativa entre os grupos TRE e TRAD: ‡  $p=0,03$ .  
 $\Delta\%$ : Variação percentual entre os momentos pré e pós-treinamento.

## DISCUSSÃO

O objetivo do presente estudo foi comparar os efeitos de 12 sessões de TF na modalidade TRE com um modelo tradicional, no desempenho funcional e proprioceptivo de indivíduos jovens. Os resultados suportam parcialmente a hipótese proposta, considerando que no SUD, os sujeitos do TRE alcançaram maiores distâncias, mas ambos os grupos foram eficazes no pós-treinamento. Ainda, o equilíbrio global e anteroposterior não foram influenciados pelos grupos. Entretanto, melhoras significantes foram encontradas no equilíbrio mediolateral do membro ND

nos grupos TRE e TRA. Para a corrida em “8”, verificou-se que o TRA gerou melhores resultados no pós-treinamento quando comparado ao TRE.

No presente estudo, 12 sessões de TF não demonstraram ganhos significantes no equilíbrio global e anteroposterior, corroborando com o estudo de Heitkamp et al.<sup>19</sup>. No entanto, os grupos TRE e TRA aproximaram-se dos índices recomendados da plataforma *Balance System* para o equilíbrio global. No equilíbrio anteroposterior, ambos os grupos começaram com os índices recomendados, entretanto, após a intervenção somente o grupo TRE continuou na faixa de normalidade. Ao que parece, o formato tradicional não é interessante quando o foco é equilibrar a musculatura anteroposterior do joelho, uma vez que somente o grupamento muscular anterior foi treinado. Tais resultados corroboram estudo prévio<sup>4</sup> que recomenda o treinamento dos músculos anteriores e posteriores com a mesma intensidade para obter um melhor equilíbrio na articulação do joelho.

Paterno et al.<sup>17</sup> verificaram o efeito de 6 semanas do TF e de um treinamento neuromuscular, e assim como nosso estudo, as avaliações do equilíbrio foram realizadas pelo teste ASL, nível 4. Os resultados demonstraram efeitos significantes da intervenção no equilíbrio global e anteroposterior, contrariando os achados do presente estudo. Talvez essa discrepância se deva ao fato de não termos ajustado o volume do treinamento, uma vez que no estudo de Paterno et al.<sup>17</sup> houve uma periodização, sendo que na medida em que os avaliadores percebessem a evolução dos voluntários, a sobrecarga do treinamento era ajustada. Ainda no estudo Paterno et al.<sup>17</sup>, o treinamento foi composto por exercícios para grupos musculares do quadril, pelve e tronco. Por outro lado, no presente estudo o foco foi apenas a musculatura agonista e antagonista do joelho. Tal fato impõe uma limitação na comparação dos resultados.

Heitkamp et al.<sup>20</sup> adotaram 2 séries de 5 repetições a 80% de uma repetição máxima com o mesmo tempo de intervenção do presente estudo (12 sessões). No entanto, foram usados aparelhos isoinerciais (*legpress* e mesa flexora). Os autores demonstraram que não houve efeitos significantes no equilíbrio dinâmico, corroborando o presente estudo. Ainda no estudo de Heitkamp et al.<sup>20</sup>, não foi realizado nenhum ajuste na carga dos exercícios. Ao que parece, um aumento do volume do treinamento ou aumento do tempo de intervenção poderia gerar influências positivas nos índices de equilíbrio, uma vez que os resultados do grupo TRE demonstraram indicativos para um melhor equilíbrio na direção anteroposterior,

em acordo com estudo prévio<sup>17</sup>.

Os resultados relativos ao equilíbrio mediolateral também não demonstraram ganhos significantes após o TF, no membro dominante, corroborando estudo prévio<sup>17</sup>. Entretanto, resultados significantes foram encontrados para o membro não dominante em ambos os grupos no pós-treinamento, o que não era esperado. Curiosamente, os resultados do membro não dominante foram melhores para o TRE, considerando-se que os valores se aproximaram dos índices recomendados. No estudo de Paterno et al.<sup>17</sup> não foram verificados resultados significantes no equilíbrio mediolateral, e não houve diferença significativa entre os membros (D e ND), contrariando nossos resultados. É possível supor que essas diferenças se devem a variações metodológicas, uma vez que Paterno et al.<sup>16</sup> treinaram mais grupamentos musculares. De acordo com Tessitore et al.<sup>21</sup>, existem diferenças na coordenação de membros contralaterais, as quais podem ser influenciadas pelo treinamento. Neste caso, podemos supor que diferenças na coordenação entre o membro inferior dominante e não dominante da nossa amostra podem ter sido influenciadas pelo treinamento de modo diferenciado.

Em relação ao SUD, os grupos TRE e TRA apresentaram aumentos significantes de 7,3% e 1,2% respectivamente. Fitzgerald et al.<sup>22</sup> demonstraram que o SUD é comumente usado como representação do desempenho físico e muito utilizado clinicamente para mensurar o equilíbrio dinâmico. Por sua vez, Sekiya et al.<sup>23</sup> afirmam que o SUD pode fornecer dados qualitativos a respeito da força muscular do quadríceps e isquiotibiais. No entanto, ainda existe discordância na literatura a respeito de qual grupamento muscular está mais envolvido nas atividades funcionais. Li et al.<sup>24</sup> demonstraram uma correlação da força dos isquiotibiais durante atividades funcionais envolvendo a articulação do joelho, por outro lado, outros estudos<sup>25,26</sup> encontraram correlação somente com a musculatura do quadríceps. Nossos resultados corroboram Sekiya et al.<sup>23</sup>, uma vez que foram observadas melhoras na distância do salto nos grupos TRA e TRE. Tais efeitos demonstram uma transferência dos ganhos adquiridos no TF para atividades funcionais, com indícios de maior eficácia para a modalidade TRE, mesmo apesar da ausência de diferença em relação ao grupo TRA. Ao que parece, o fortalecimento dos músculos agonistas e antagonistas proporcionam melhores resultados em exercícios funcionais como o salto Wikstrom<sup>4,24</sup>.

Os resultados referentes à corrida em “8” não demonstraram efeitos

significantes após o treinamento nos grupos TRE e TRA. Entretanto, verificamos diferenças significantes entre os grupos no momento pós-treinamento. Pasanen et al.<sup>25</sup> investigaram 6 meses de um programa de aquecimento neuromuscular incluindo técnica de corrida, equilíbrio, saltos e exercícios de fortalecimento muscular em jogadores de futebol. Os autores demonstraram efeitos significantes na corrida em “8”, o que vai de encontro aos resultados do grupo TRA (diminuição de 2,4% do tempo de corrida), enquanto o grupo TRE apresentou um aumento de 3,7%. Nesse sentido, o treinamento tradicional gerou uma melhor resposta do que o treinamento recíproco, corroborando com os achados de Maynard e Ebben<sup>5</sup>, os quais demonstraram que a pré-ativação dos músculos flexores do joelho gerou efeitos agudos deletérios no grupamento agonista (quadríceps). Nesse sentido, é possível supor que o desempenho da corrida tenha sofrido efeitos deletérios relativos ao aumento da força muscular do grupamento flexor no pós-treinamento.

O presente estudo apresenta algumas limitações. Inicialmente, é possível supor que um tempo maior de treinamento, com mais de 6 semanas, poderia favorecer as respostas proprioceptivas, tendo em vista maiores níveis de força muscular advindos de treinamentos com 8 semanas ou mais. A característica do treinamento, com foco apenas em uma articulação (joelho) também pode ter limitado as interpretações e os achados, na medida em que a propriocepção e a função musculoesquelética dependem da interação entre diferentes cadeias cinemáticas. Nesse caso, sugere-se que futuros estudos considerem o modelo de ações recíprocas em protocolos de treinamento com maior duração e com exercícios que contemplem mais grupos musculares, principalmente das articulações do tornozelo, joelho e quadril.

## CONCLUSÃO

O presente estudo demonstrou que o treinamento de força gerou transferências para o equilíbrio e testes funcionais em uma amostra de indivíduos saudáveis jovens. Apesar da ausência de significância, o treinamento realizado na modalidade com contrações recíprocas apresentou melhores indicativos para o desempenho do salto unipodal em distância e equilíbrio mediolateral do joelho. No entanto, a modalidade sem pré-ativação apresentou melhores indicativos no desempenho da corrida. Os achados indicam que o uso de contrações recíprocas pode ser incluído em programas de exercício que utilizam o treinamento de força

quando o foco é o equilíbrio articular dinâmico.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Kraemer WJ, Ramamess NA. Fundamentals of resistance training: progression and exercise prescription. *Med Sci Sports Exerc.* 2004;36(4):674-688.
2. Fleck SJ, Kraemer WJ. Fundamentos do treinamento de força muscular. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006.
3. American College of Sports Medicine(ACMS). Diretrizes para os teste de esforço e sua prescrição. 5ª ed. Guanabara Koogan, 2007.
4. Wikstrom EA, Tillman MD, Chmielewski TL, Borsa PA. Measurement and evaluation of dynamic joint stability of the knee and ankle after injury. *Sports Med.* 2006;36(5):393-410.
5. Maynard J, Ebben WP. The effects of antagonist pre-fatigue on agonist torque and electromyography. *J Strength Cond Res.* 2003;17(3):469-74.
6. Balsamo S, Tibana RA, Nascimento DC, Farias GL, Petruccelli Z, de Santana Fdos S, et al. Exercise order affects the total training volume and the ratings of perceived exertion in response to a super-set resistance training session. *J Strength Cond Res.* 2012;5:123-7.
7. Carregaro RL, Cunha RR, Cardoso JR, Pinto RS, Bottaro M. Effects of different methods of antagonist muscles pre-activation on knee extensors neuromuscular responses. *Braz J Phys Ther.* 2011;15(6):452-9.
8. Miller JP, Croce RV, Hutchins R. Reciprocal coactivation patterns of the medial and lateral quadriceps and hamstrings during slow, medium and high speed isokinetic movements. *J ElectromyogrKinesiol.* 2000;10(4):233-9.
9. Jeon HS, Trimble MH, Brunt D, Robinson ME. Facilitation of quadriceps activation following a concentrically controlled knee flexion movement: the influence of transition rate. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2001;31(3):122-9; discussion 30-2.
10. Burke DG PT, Holt LE. The influence of varied resistance and speed of concentric antagonistic contractions on subsequent concentric agonistic efforts. *J Strength Cond Res.* 1999:193-7.
11. Robbins DW, Young WB, Behm DG, Payne WR. The effect of a complex agonist and antagonist resistance training protocol on volume load, power output, electromyographic responses, and efficiency. *J Strength Cond Res.* 2010;24(7):1782-

9.

12. Zatsiorsky VM, Kraemer WJ. Ciência e prática do Treinamento de Força. 2<sup>a</sup> ed. Phorte, 2008.
13. Wilson GJ, Murphy AJ, Walshe A. The specificity of strength training: the effect of posture. *Eur J Physiol.* 1996;73(3-4):346-52.
14. Kisner C, Colby LA. Therapeutic exercise. Foundations and techniques. 5<sup>th</sup>ed. Philadelphia: Davis Company, 2007.
15. Ratamess NA, Alvar BA, Evetoch TK, Housh TJ, Kibler WB. American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. *Med Sci Sports Exerc.* 2009;41(3):687-708.
16. Parcell AC, Sawyer RD, Tricoli VA, Chivere TD. Minimum rest period for strength recovery during a common isokinetic testing protocol. *Med Sci Sports Exerc.* 2002;34(6):1018-22.
17. Paterno MV, Myer GD, Ford KR, Hewett TE. Neuromuscular Training Improves Single-Limb Stability in Young Female Athletes. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2004 305-16.
18. Magee DJ. Avaliação musculo esquelética. 4a. ed. São Paulo: Manole, 2005.
19. Fonseca ST, Magee D, Wessel J, Reid D. Validation of a performance test for outcome evaluation of knee function. *Clin J Sports Med.* 1992(251-256).
20. Heitkamp HC, Horstmann T, Mayer F, Weller J, Dickhuth HH. Gain in strength and muscular balance after balance training. *Int J Sports Med.* 2001;22(4):285-90.
21. Tessitore A, Perroni F, Cortis C, Meeusen R, Lupo C, Capranica L. Coordination of soccer players during preseason training. *J Strength Cond Res.* 2011; 25(11):3059-3069.
22. Fitzgerald GK, Lephart SM, Hwang JH, Wainner RS. Hop tests as predictors of dynamic knee stability. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2001;31(10):588-97.
23. Sekiya I, Muneta T, Ogiuchi T, Yagishita K, Yamamoto H. Significance of the single-legged hop test to the anterior cruciate ligament-reconstructed knee in relation to muscle strength and anterior laxity. *Am J Sports Med.* 1998;26(3):384-8.
24. Li RC, Maffuli N, Hsu CY, Chan KM. Isokinetic strength of the quadriceps and hamstrings and functional ability of anterior cruciate ligament deficient knees in recreational athletes. *Br J Sports Med,* 1996;40:161-4.
25. Pasanen K, Parkkari J, Pasanen M, Kannus P. Effect of a neuromuscular warm-up programme on muscle power, balance, speed and agility: a randomised controlled



study. Br J Sports Med. 2009;43(13):1073-8.

26. Itoh H, Kurosaka M, Yoshiya S, Ichihashi N, Mizuno K. Evaluation of functional deficits determined by four different hop tests in patients with anterior cruciate ligament deficiency. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.1998;6:241-5.